COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MAI 1899,

PRÉSIDENCE DE M. VAN TIEGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la mesure absolue du temps, déduite des lois de l'attraction universelle.* Note de M. G. **Lippmann.**

« 1. Les mesures dites *absolues* sont ainsi nommées par opposition aux mesures arbitraires, seules autrefois employées en Physique. Mesurer une grandeur en valeur arbitraire, c'est prendre le rapport de cette grandeur à une grandeur de même espèce arbitrairement choisie pour unité. Mesurer une grandeur en valeur absolue, c'est calculer sa valeur en fonction des paramètres qui la déterminent et qui sont d'une autre nature que la grandeur à mesurer; en d'autres termes, la valeur absolue d'une grandeur x est donnée par une équation

$$x = f(\alpha, \beta, \gamma, \ldots),$$

dont le second membre ne contient aucun coefficient arbitraire, et ne dépend que des paramètres α, β, γ, ... qui sont d'une autre nature que x.

» C'est ainsi que l'aire d'un rectangle est déterminée si l'on se donne deux paramètres linéaires α, β, hauteur et base du rectangle; de même une force est déterminée si l'on se donne une masse m et l'accélération $\frac{d^2x}{dt^2}$ que la force lui imprime. Les produits $\alpha\beta$ et $m\frac{d^2x}{dt^2}$ sont les mesures absolues de l'aire et de la force.

» 2. L'unité de temps en usage, la seconde, ne fournit qu'une mesure arbitraire du temps, car la durée du phénomène à mesurer n'est pas déterminée par la durée du mouvement diurne de la Terre. Si l'on donne, par exemple, la durée de la révolution d'un satellite de Jupiter en secondes, on ne fait qu'indiquer le rapport des durées de deux phénomènes indépendants l'un de l'autre, la révolution du satellite et la rotation de la Terre, et le rapport de deux grandeurs indépendantes l'une de l'autre est une mesure arbitraire.

» Pour mesurer en valeur absolue la durée d'un phénomène dû à l'attraction universelle, il suffit de prendre égal à l'unité le coefficient de l'attraction newtonienne, c'est-à-dire de ne pas écrire ce coefficient; on le supprime fréquemment dans les calculs analytiques afin de simplifier l'écriture, sauf à le rétablir quand on passe aux calculs numériques. Il est utile d'en maintenir la suppression dans les calculs numériques : le temps se trouve dès lors mesuré en valeur absolue, en fonction d'une unité dont la grandeur concrète est parfaitement déterminée ([1]).

» On démontre cette proposition en établissant la relation qui existe entre la valeur numérique de la constante newtonienne et la grandeur concrète de l'unité de temps. Cette relation est la suivante : *la valeur numérique de la constante newtonienne est indépendante du choix des unités de longueur et de masse; elle dépend uniquement du choix de l'unité de temps. Inversement, la grandeur de l'intervalle de temps pris pour unité est déterminée sans ambiguïté quand on se donne la valeur numérique de la constante newtonienne qui lui correspond.* Cet énoncé suppose que l'on prenne, comme d'ordinaire, la masse égale au produit du volume par la densité, l'unité de

---

([1]) Cette unité de temps absolue exprimée en temps moyen vaut 3862 secondes ou $1^h4^m22^s$.

volume étant le volume d'un cube qui a l'unité de longueur pour côté, l'unité de densité étant celle d'une substance type telle que l'eau.

» En désignant par k^2 la constante newtonienne, on a les relations connues

$$(1)\qquad F = k^2 \frac{Mm}{r^2},$$

$$(2)\qquad F = m \frac{\partial^2 x}{\partial t^2},$$

F étant la force qui s'exerce entre deux masses M et m, séparées par la distance r, $\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}$ étant l'accélération et t le temps exprimé en fonction d'une unité quelconque. En égalant ces deux expressions de la force F, il vient

$$k^2 = \frac{r^2 \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}}{M}.$$

» Cette expression de k^2 est du degré zéro par rapport aux longueurs; car, r et x étant des longueurs, le numérateur est du troisième degré par rapport aux longueurs, et il en est de même du dénominateur, car l'unité de masse varie comme l'unité de volume; k^2 est donc indépendant du choix des unités de longueur et de masse. D'ailleurs, on voit que k^2 est du degré -2 par rapport au temps : donc la valeur numérique de k est proportionnelle à la grandeur de l'unité de temps.

» Comme exemple de ce qui précède, supposons d'abord que l'on emploie le système C.G.S. L'expérience donne $k = \frac{1}{3862}$. Remplaçons ensuite le centimètre par le mètre, et le gramme par la tonne, la valeur numérique de k ne change pas. Il y a donc un intervalle de temps, et un seul, qui donne $k = \frac{1}{3862}$: c'est celui que nous appelons la *seconde*. Ledit intervalle de temps est donc complètement défini par le nombre $\frac{1}{3862}$, bien que ce nombre ne soit pas défini comme le rapport de la seconde à un autre intervalle de temps arbitrairement choisi pour unité. En d'autres termes, imaginons qu'un observateur se soit transporté en un lieu où il ne puisse plus observer le mouvement diurne, qu'il n'ait emporté ni chronomètre réglé, ni même un exemplaire du mètre, mais qu'il ait eu la précaution de noter le nombre $\frac{1}{3862}$ et d'emporter une bouteille d'eau; il ne lui en faudra pas plus pour reconstituer la seconde.

» Il résulte de la proposition démontrée plus haut que, parmi tous les intervalles de temps qu'il est possible de prendre pour unité, il y en a un, et un seul, qui permet de trouver $k = 1$. Supposons-le adopté et appelons θ l'expression du temps ainsi mesuré. Les relations (1) et (2) sont remplacées par les relations plus simples

$$F = \frac{Mm}{r^2}, \tag{3}$$

$$F = m\frac{\partial^2 x}{\partial\theta^2}. \tag{4}$$

» On peut donner des résultats précédents une seconde démonstration, qui a peut-être le défaut d'être trop brève, et qui est la suivante : étant donné le système des relations (1) et (2), où l'unité de temps est quelconque, effectuons un changement d'unité de temps défini par l'équation

$$kt = \theta, \tag{5}$$

θ étant l'expression du temps en fonction de la nouvelle unité. On obtient les relations (3) et (4) qui ne contiennent plus k. D'autre part, l'équation (5) exprime que k est la valeur numérique de l'ancienne unité en fonction de la nouvelle, c'est-à-dire de l'unité qui donne pour la constante newtonienne la valeur numérique 1. Exemple, dans le cas de la seconde, $k = \frac{1}{3862}$; donc la seconde est la $\frac{1}{3862}$ partie de l'unité absolue.

» Il est remarquable que le système des équations (2) et (3) se trouve déterminer par leur seule forme une grandeur concrète, celle de l'unité de temps. C'est ainsi que la base des logarithmes dits *naturels* est définie analytiquement et non choisie *a priori*. Pour définir les logarithmes vulgaires, à base arbitraire, il faut introduire un coefficient, un module, qui est le logarithme naturel de la base arbitraire. De même, dans le problème qui nous occupe, pour rendre l'unité de temps arbitraire, il faut introduire un coefficient k qui est la mesure en valeur absolue de l'unité de temps arbitraire que l'on veut employer. Il est donc permis, par analogie, d'appeler *heure naturelle* l'intervalle de temps qui, pris pour unité, fournit le système des équations (3) et (4). Nous disons heure naturelle, parce que cette unité est voisine de l'heure vulgaire.

» 3. On peut donner de cette unité de temps plusieurs définitions physiques, en appliquant sa définition analytique à une série de cas particuliers. Supposons, par exemple, un point matériel gravitant autour d'une

masse M en décrivant une orbite circulaire de rayon a pendant le temps θ : on a $\theta = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{M}}$. Si M est la masse d'un cube d'eau qui aurait a pour côté, le radical devient égal à 1; le point matériel est, dans ce cas, l'aiguille d'une horloge absolue; il décrit un arc égal au rayon pendant chaque unité de temps. Il suffit, d'ailleurs, de connaître M et a pour en déduire θ : d'une manière générale, tout phénomène de gravitation, dont la durée est calculable au moyen des équations (2) et (3), fournit la mesure absolue d'un intervalle de temps.

» Il en est ainsi, en particulier, des oscillations d'un pendule de longueur réduite l. On a, pour la durée d'oscillation, $\theta = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\gamma}}$; γ intensité de la pesanteur est égal à $\frac{M}{a^2}$; M masse de la Terre et a son rayon. M est égal à $\frac{4}{3}\pi a^3 \times 5,5$; $5,5$ étant la densité de la Terre : d'où

$$\theta = 2\pi\sqrt{\frac{1}{\frac{4}{3}\pi.5,5} \times \frac{l}{a}}.$$

On obtient ainsi la durée absolue d'oscillation en fonction de la longueur du pendule, par le seul calcul; on sait que la longueur du pendule à secondes n'est déterminable que par l'expérience.

» Veut-on calculer la longueur du pendule qui exécuterait 3600 oscillations pendant une heure naturelle? Il suffit de résoudre, par rapport à l, l'équation

$$\frac{1}{3600} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{\frac{4}{3}\pi 5,5}\,\frac{l}{a}}.$$

On trouve, pour Paris (¹), $l = 1^{m},02960$.

» Bien que l'on puisse ainsi graduer le pendule en valeur absolue et, par conséquent, à la rigueur, se passer de la seconde de temps moyen, il est évidemment préférable de conserver la seconde comme étalon de temps, tout en employant l'unité absolue dans les calculs. Le coefficient de réduction est égal à $\frac{1}{3862}$. On a l'avantage ainsi de pouvoir se servir des horloges en usage, réglées sur le mouvement du Ciel.

» 4. Il reste à indiquer sommairement comment on peut déterminer la

(¹) J'ai fait abstraction, pour simplifier les formules données dans le texte, de petites corrections dues à la latitude et à la force centrifuge du mouvement diurne.

valeur de k relative à la seconde. D'abord k est la racine carrée de la constante de l'attraction newtonienne, déterminée par plusieurs auteurs. De plus, l'analyse précédente fait ressortir une propriété de k qui peut servir à déterminer ce nombre d'une autre manière. Calculons la durée d'un mouvement dû à l'attraction newtonienne, oscillation d'un pendule, déplacement d'un astre, etc., en supprimant dans ce calcul la constante newtonienne; puis divisons le résultat de ce calcul par la durée du même phénomène observée en secondes. Le quotient doit être égal à k.

» Ainsi, en appelant M la masse du Soleil, a la moyenne distance de la Terre, on a pour durée calculée de l'année sidérale

$$\theta = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{M}}.$$

» Le quotient de θ par les durées de l'année sidérale observée en secondes est $\frac{1}{3862}$, les nombres étant ceux de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*.

» De même, en calculant la durée d'une oscillation du pendule à seconde à l'aide de la formule donnée plus haut

$$\theta = 2\pi\sqrt{\frac{1}{\frac{4}{3}\pi.5,5}\,\frac{l}{a}},$$

et en divisant θ par la durée observée en secondes (deux secondes) d'une oscillation double corrigée de l'influence de la force centrifuge du mouvement diurne, on retrouve le même quotient $\frac{1}{3862}$. En réalité, le résultat n'est pas identique; mais la différence numérique ne porte que sur les décimales qui suivent la partie entière 3862.

» En opérant de même sur la Lune, on trouve $\frac{1}{3864}$: la divergence est appréciable; c'est qu'en effet la formule employée, qui est celle des lois de Kepler, n'est plus suffisamment exacte dans le cas de la Lune.

» On peut donc vérifier sous cette forme l'exactitude d'une formule : la valeur qu'elle fournit pour k doit être exacte; c'est une manière de vérifier la concordance de l'observation et du calcul. »

BOTANIQUE. — *Caractères anatomiques et physiologiques des plantes rendues artificiellement alpines par l'alternance des températures extrêmes* ([1]). Note de M. GASTON BONNIER.

« J'ai décrit dans une Note précédente ([2]) les modifications de forme extérieure que présentent des plantes issues du même pied, les unes cultivées dans les conditions normales du climat des environs de Paris, les autres cultivées soit dans une étuve vitrée entourée constamment de glace sur trois de ses faces, soit dans des étuves identiques entourées d'eau; enfin d'autres pieds comparables des mêmes espèces étaient placés pendant la nuit dans l'étuve à glace, et pendant le jour au dehors, en plein soleil.

» A l'époque de l'année où j'ai fait cette Communication, les plantes n'avaient pas encore achevé complètement leur végétation. Je me propose aujourd'hui de compléter ces indications sur les plantes ayant fleuri et fructifié et d'y ajouter quelques données relatives à leur structure anatomique comparée et à leurs fonctions physiologiques.

» Je rappellerai d'abord que j'avais disposé les plantes de même origine en quatre lots : les plantes du lot n° 1 étaient constamment dans l'étuve à glace fondante à la température moyenne de 7°, à l'état hygrométrique moyen de 90; les plantes du lot n° 2 étaient constamment exposées au dehors, dans un endroit découvert, à la température moyenne de 20°, à l'état hygrométrique moyen de 83; les plantes du lot n° 3 étaient, la nuit, dans l'étuve à glace et le jour, au dehors, subissant toutes journellement des alternances de température qui pouvaient atteindre de 4° à 35°; enfin, les plantes du lot n° 4 étaient placées dans une étuve à eau dont la température moyenne était de 16° et l'état hygrométrique moyen de 90.

» Je compléterai d'abord les renseignements que j'ai donnés dans ma Note précédente au sujet de la morphologie extérieure, en résumant le résultat des mesures et des observations faites pour l'une des espèces dont

---

([1]) Ces expériences ont été faites au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

([2]) GASTON BONNIER, *Expériences sur la production des caractères alpins des plantes par l'alternance des températures extrêmes* (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 307; 1898).

tous les pieds, dans les quatre lots, avaient fleuri et fructifié le 16 septembre 1898, par exemple la Germandrée (*Teucrium Scorodonia*).

Plantes mises en expériences le 3 juin 1898.

Mesures faites le 16 septembre 1898.	Lot n° 1. — Étuve à glace fondante.	Lot n° 2. — Conditions normales de Fontainebleau.	Lot n° 3. — La nuit dans l'étuve à glace et le jour au soleil.	Lot n° 4. — Étuve à eau à 16°.
Hauteur moyenne de la plante	42^{cm}	95^{cm}	20^{cm}	62^{cm}
Longueur du plus grand entrenœud	$8^{cm},8$	20^{cm}	2^{cm}	14^{cm}
Couleur des fleurs	blanchâtre	blanc jaunâtre	presque jaune	presque blanche
Couleur des feuilles	vert frais	vert terne	vert mêlé de rouge	vert clair

» Il est à remarquer que tous les pieds de Germandrée dans toutes ces conditions différentes avaient presque exactement le même nombre d'entrenœuds (10 entrenœuds); les comparaisons anatomiques étaient donc faciles à établir entre ces différents pieds de la même espèce.

» On peut ajouter aux observations que j'ai faites dans la Note précédente, que les fleurs des échantillons du lot n° 3, c'est-à-dire des plantes soumises aux alternances de températures, ressemblaient beaucoup par leur forme et par leur coloration à celles des pieds de la même espèce qu'on trouve à l'état naturel dans les Alpes et les Pyrénées vers 1500^{m} d'altitude. En outre, bien que la teinte verte des feuilles des plantes de ce lot fût moins vive que celle des feuilles de la même espèce aux hautes altitudes, cette teinte était remarquable par une coloration rouge due à la présence de l'anthocyanine. Or cette coloration rouge a été signalée depuis longtemps chez les plantes des Alpes, et déjà en 1837 Mohl (¹) disait que la couleur rouge des plantes alpines est due à l'alternance des journées lumineuses et des nuits froides, et M. Overton (²), revenant récemment sur cette question, a donné une explication chimique de ce phénomène. Il est donc intéressant de voir que, dans mes expériences, ce caractère par-

(¹) Mohl, *Recherches sur la coloration hivernale des feuilles* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 2ᵉ série, t. IX).

(²) Overton, *Experiments on the autumn colouring of plants* (*Nature*, 16 January 1899, p. 296).

ticulier d'un grand nombre de plantes alpines s'est trouvé réalisé par l'alternance des températures. Comme les plantes demeurant constamment dans l'étuve à glace ont eu des feuilles qui sont toujours restées vertes, sans anthocyanine, même à la fin de la végétation, ce n'est donc pas simplement le froid, comme le pensait Stahl ([1]), qui provoque la coloration de la substance rouge.

» *Anatomie et physiologie comparées.* — Un certain nombre des caractères anatomiques que j'ai signalés autrefois dans mes expériences sur les cultures comparées des mêmes plantes, en plaine et dans les hautes altitudes ([2]), se retrouvent chez ces plantes artificiellement soumises à des conditions extrêmes de température; toutefois, ces végétaux n'ayant subi encore ce traitement que pendant une saison possèdent ces caractères alpins à un degré moindre que les plantes cultivées dans la région alpine et qui, pendant plusieurs années, ont subi une hibernation prolongée; cependant les modifications anatomiques ainsi provoquées sont extrêmement nettes et méritent d'être mentionnées. Ces caractères se présentent à un degré plus ou moins grand chez toutes les espèces étudiées : *Teucrium Scorodonia, Senecio Jacobæa, Trifolium repens, Avena sativa, Vicia sativa, Solidago Virga-aurea,* etc.

» Chez les plantes soumises à des alternances de température, en général dans la tige et dans le pétiole des feuilles, la cuticule est plus marquée, les tissus collenchymateux à cellules plus serrées et à parois plus épaisses; lorsqu'il y a des assises de renforcement en dedans de l'épiderme, elles sont plus différenciées ou plus nombreuses; les formations secondaires sont moins précoces ou moins accentuées.

» Mais c'est surtout le limbe des feuilles dont la structure est profondément modifiée par ces conditions spéciales. C'est ainsi que, pour la Germandrée, il s'est développé deux assises palissadiques, dans les feuilles du lot n° 3 (alternance), avec une épaisseur du mésophylle de 67^{μ}, tandis que, dans les deux autres lots, il n'y avait qu'une seule assise palissadique et le mésophylle n'avait que 18^{μ} à 20^{μ} d'épaisseur.

» Bien que les grains de chlorophylle fussent distribués d'une manière très inégale dans les trois lots et que ce ne soient pas toujours les plus

---

([1]) Stahl, *Ueber die bunte Laubblätter* (*Ann. du Jardin bot. de Buitenzorg*, Vol. XII, 2e série, p. 137).

([2]) Gaston Bonnier, *Recherches expérimentales sur l'adaptation des plantes au climat alpin* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, p. 217; 1895).

nombreux ou les plus verts qui se représentaient chez les plantes soumises à une alternance de températures, c'étaient cependant ces dernières dont les feuilles se trouvaient en somme les mieux disposées pour l'assimilation.

» Ce fait est confirmé par les mesures qu'a bien voulu faire M. Griffon, en étudiant, à la même lumière, les échanges gazeux qui se produisent entre les feuilles des plantes précédentes et l'atmosphère. C'est ainsi qu'en une demi-heure, par centimètre carré, les feuilles de Germandrée du lot n° 3 (alternance) ont dégagé $0^{cc},271$ d'oxygène, tandis que celles du lot n° 2 n'ont dégagé, dans les mêmes conditions d'éclairement, que $0^{cc},265$ et celles du n° 1 que $0^{cc},200$. Les feuilles de Trèfle du lot n° 3 ont dégagé $0^{cc},067$ d'oxygène, lorsque, dans les mêmes conditions d'éclairement, celles du lot n° 2 n'ont dégagé que $0^{cc},050$ d'oxygène, et celles du n° 1 que $0^{cc},061$.

» *Conclusions.* — Les lignes suivantes résument les résultats des expériences précédentes :

» Aux caractères alpins, qu'il est possible de provoquer artificiellement chez des végétaux maintenus en plaine, en leur faisant subir une alternance journalière de températures comparable à celle qui se produit dans les régions élevées des montagnes, on peut ajouter les suivantes :

» Les pétioles des feuilles et surtout les tiges ont des tissus protecteurs mieux marqués, plus rapidement développés. Les feuilles, plus petites et plus épaisses, ont un tissu en palissade plus développé; elles présentent assez souvent une coloration rouge due à l'anthocyanine qui se produit fréquemment chez les plantes alpines; enfin elles assimilent plus par unité de surface. Les fleurs sont relativement grandes et un peu plus colorées. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Membre de la Section de Botanique, en remplacement de M. *Naudin*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 55,

M. Prillieux	obtient.	53 suffrages,
M. Maxime Cornu	»	1 »
M. Zeiller	»	1 »

M. **Prillieux**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **Lippmann** fait hommage à l'Académie d'un Volume contenant les Leçons qu'il a professées, à la Sorbonne, sur les « Unités électriques absolues », Leçons rédigées par M. *A. Berget*.

ASTRONOMIE. — *Sur diverses circonstances qui modifient les images réfléchies par le bain de mercure, et sur la transmission à travers le sol des trépidations produites à la surface.* Note de M. G. **Bigourdan**, communiquée par M. Lœwy.

« On connaît toute l'importance que présente en Astronomie la détermination de la verticale par le moyen du bain de mercure, et aussi les grandes difficultés que l'on rencontre dans cette détermination, à cause des trépidations de la surface du sol.

» Ces difficultés ne pourraient-elles pas être évitées en plaçant le bain de mercure ordinaire à quelque profondeur dans le sol? et quelle profondeur faudrait-il atteindre pour cela?

» Afin de répondre à cette question, j'ai observé à diverses profondeurs les images réfléchies par un bain de mercure à couche épaisse. Ces observations (1) ont été faites à l'Observatoire de Paris, les unes en posant l'instrument sur le sol même des caves, les autres en le plaçant dans les cavités ménagées à l'origine dans le mur qui entoure l'escalier conduisant aux mêmes caves. Elles montrent la coexistence inattendue, dans le sol parisien, de deux espèces de trépidations, se distinguant nettement l'une de l'autre par la profondeur qu'elles atteignent et par l'influence qu'elles ont sur la visibilité des fils réfléchis.

» Les unes produisent sur ces fils ce que nous appellerons des *ondulations;* les autres produisent des *vibrations*.

» Les *ondulations* sont des oscillations assez lentes et assez régulières des images réfléchies : leur durée varie généralement d'un quart à une demi-seconde; leur amplitude est en moyenne de 2″ à 3″ pendant le jour, mais

---

(1) Ces observations seront publiées prochainement dans le *Bulletin astronomique*.

elle peut atteindre exceptionnellement 10″ et 12″; enfin leur direction, souvent assez constante pendant vingt, trente, quarante, ... secondes, change fréquemment et peut prendre successivement toutes les orientations.

Les *vibrations* sont des oscillations très rapides et souvent irrégulières des mêmes images : on n'a pu évaluer ni leur durée, ni leur direction; leur amplitude paraît beaucoup plus faible que celle des ondulations, au moins dans les couches profondes du sol.

» Ces deux sortes d'oscillations n'agissent pas de la même manière sur la visibilité des fils réfléchis : tandis que les ondulations ne gênent nullement cette visibilité, les vibrations rendent les fils réfléchis diffus, les affaiblissent graduellement et, enfin, peuvent soit empêcher leur observation, soit même les faire disparaître complètement.

» Les ondulations, comme les vibrations, varient avec la profondeur et aussi avec l'heure de l'observation, c'est-à-dire avec l'activité de la circulation autour de l'Observatoire.

» Pendant le jour, dans les catacombes (28^m au-dessous du niveau du sol), les ondulations sont à peu près continuelles, varient sans cesse d'amplitude et changent fréquemment de direction. Au contraire, les vibrations n'apparaissent guère qu'aux instants où les trains des lignes de Sceaux-Limours ou de Paris-Arpajon passent à la plus courte distance (100^m environ) du point d'observation; mais alors, et pendant quinze à trente secondes, les images réfléchies disparaissent totalement ou à peu près.

» Si, partant de cette profondeur de 28^m, on s'élève graduellement, les ondulations conservent à peu près la même allure; mais les vibrations deviennent plus fréquentes, plus prononcées. Cependant, à 17^m de profondeur, elles sont encore assez rares, peu gênantes en dehors des heures de passage des trains; et, pour la visibilité des fins détails, les 11^m dont on a monté ne font perdre que bien peu. Mais si l'on monte encore, les vibrations augmentent très rapidement, masquant bientôt les ondulations.

» Sur le soir, à mesure que la circulation diminue d'activité, l'amplitude moyenne des ondulations ne diminue que légèrement; au contraire, les vibrations sont bien moins prononcées, de sorte qu'à 7^m ou 8^m de profondeur on pourrait pointer le nadir à partir de la fin de la journée : l'amélioration est ensuite graduelle à mesure qu'on avance dans la nuit.

» Dans les catacombes, les ondulations ne disparaissent à peu près complètement qu'après $1^h 30^m$ ou 2^h du matin : le départ des derniers trains a coïncidé avec une période d'agitation qu'il a paru impossible d'attribuer uniquement à ceux de ces trains qui passent au voisinage immédiat de l'Observatoire.

» Pour comparer la stabilité du sol de Paris à celui de la grande banlieue, j'ai fait aussi des observations comparatives (mais toujours sur un pilier placé à la surface du sol) à Wissous, à 10^{km} des fortifications en

ligne droite; là encore, on a retrouvé nettement les deux sortes d'oscillations, *ondulations* et *vibrations;* et, en moyenne, les images à la surface du sol y sont inférieures à celles que l'on a, à l'Observatoire de Paris, à 28^m et même à 17^m de profondeur (en dehors des heures de passage des trains).

» Quelques remarques faites en ce point, à 150^m des dernières maisons du village de Wissous, mettent bien en évidence l'extrême sensibilité du bain de mercure : ainsi le choc produit en fermant sans effort une porte assez légère, distante de 52^m, fait disparaître complètement les fils réfléchis; une voiture parcourant, à 350^m de distance, une route pavée, trouble énormément les images de ces fils; dans la nuit, une voiture, entendue à 1000^m au moins, a produit des ondulations assez fortes.

» On voit par là que, en tout point où la circulation est un peu active, il doit être difficile de distinguer la cause qui produit chaque trouble.

» Cependant on croit pouvoir attribuer les ondulations à des déplacements de poids considérables, tels que ceux produits par des trains, qui agiraient même à 2^{km} ou 3^{km} de distance, et ces ondulations pénétreraient profondément dans le sol, puisqu'elles ont à peu près même amplitude, même allure à 17^m et même à 12^m qu'à 28^m de profondeur.

» Les vibrations, qui troublent tant les images réfléchies, n'atteignent pas de grandes profondeurs; à Paris, on peut les attribuer à la multitude des véhicules qui circulent autour de l'Observatoire; les lourds camions, certains omnibus, etc. doivent produire celles qui se font sentir quelquefois jusqu'à 28^m au-dessous du sol. Mais les vibrations les plus gênantes ne doivent pas dépasser les couches superficielles, et il semble que des fossés d'isolement, de quelques mètres de profondeur, pourraient améliorer considérablement les images réfléchies par le bain de mercure. »

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les reseaux qui correspondent au cas où la suite de Laplace est limitée dans un sens.* Note de M. C. **Guichard**, présentée par M. G. Darboux.

« Dans ma précédente Note (*Sur quelques applications de la loi de parallélisme des réseaux et des congruences*, 20 mars 1899) j'ai introduit une série de réseaux et de congruences que j'ai appelés A_n ou B_n. Beaucoup de propriétés de ces réseaux résultent d'une façon intuitive des deux théorèmes suivants :

» *Toute congruence conjuguée ou harmonique à un réseau* A_n *est* B_n *ou* B_{n+1}.

» *Toute congruence conjuguée ou harmonique à un réseau* B_n *est* A_{n-1} *ou* A_n.

» Les éléments conjugués ou harmoniques de moindre indice dépendent d'une fonction arbitraire.

» Pour établir ces résultats, il suffit de les vérifier pour les réseaux A_1 et de suivre la transformation de Laplace.

» Il est naturel de chercher parmi les réseaux A_n ou B_n ceux qui sont formés par les lignes de courbure d'une surface. Voici les notations que j'emploierai : Je désigne par u et v les paramètres des lignes de courbure, par MT et MS les tangentes aux courbes $v = \text{const.}$, $u = \text{const.}$; par T et S les seconds foyers des congruences (MT) et (MS) ; par G la normale en M à la surface, par F et φ les centres de courbures correspondant aux courbes $v = \text{const.}$, $u = \text{const.}$

» Supposons que le réseau M soit A_n, la congruence G qui lui est parallèle est aussi A_n ; mais le réseau M est conjugué à la congruence G, donc le réseau M est B_n ou B_{n+1} ; donc :

» *Si un réseau de lignes de courbures est d'un côté* A_n, *il est de l'autre côté* B_n *ou* B_{n+1}.

» De même :

» *Si un réseau de lignes de courbures est d'un côté* B_n, *il est de l'autre côté* A_{n-1} *ou* A_n.

» Nous avons donc les réseaux particuliers suivants :

Réseaux A_1 et B_1 (surfaces développables).
Réseaux A_1 et B_2 (surfaces de Monge).
Réseaux A_2 et B_2 (lignes de courbures planes dans un système), etc.

» Tous ces réseaux peuvent se former d'une façon explicite en suivant la méthode indiquée par M. Darboux (*Leçons*, IVe Partie; Chap. VIII, IX et XI).

» Prenons en particulier les réseaux qui sont A_2 du côté de MT. Il y aura une infinité de réseaux parallèles pour lesquels la surface (T) se réduit à une courbe. Les lignes de courbure $u = \text{const.}$ seront des cercles géodésiques. Elles seront situées sur les sphères qui ont pour centre T et pour rayon TM, sphères qui coupent la surface à angle droit. C'est le cas étudié par M. Bonnet (*Journal de l'École Polytechnique*, t. XX).

» La congruence MT sera B_2 ; il en est de même du réseau F qui lui est parallèle ; donc sur la surface F les courbes $u = \text{const.}$ sont planes (théorème de M. Bonnet).

» Il est facile d'établir la réciproque ; si les conjuguées d'un système de

géodésiques sont planes, les tangentes aux géodésiques formeront une congruence A_2; la surface qui est normale à ces tangentes sera aussi A_2.

» *On sait trouver tous les systèmes conjugués formés d'une série de courbes planes et d'une série de géodésiques.*

» Un réseau A_2 du côté de MT est en général B_3 de côté de MS; le réseau S est donc B_2; c'est-à-dire que, sur le réseau S, les lignes $u =$ const. sont des courbes planes. Cette propriété subsiste pour tous les réseaux qui sont B_3 du côté de MS; ces réseaux B_3 sont parallèles à ceux pour lesquels les courbes $u =$ const. sont sphériques.

» Le réseau (M) étant A_2, il y a une infinité de congruences harmoniques qui sont B_2; ces congruences sont des congruences cycliques. Inversement, si une congruence cyclique est B_2, il y aura, parmi les réseaux de lignes de courbure qui lui sont harmoniques, des réseaux A_2. Les réseaux parallèles à ces congruences cycliques seront des réseaux cycliques B_2; donc :

» *On sait trouver tous les réseaux cycliques qui contiennent un système de courbes planes.*

» Soient N un tel réseau, N′ le réseau applicable. En coordonnées tangentielles, les réseaux N et N′ ont leurs invariants intervertis ([1]); l'un des invariants de N′ est donc nul; N′ contient ainsi un système de courbes planes, mais les courbes planes de N′ ne correspondent pas aux courbes planes de N.

» Cherchons les réseaux cycliques formés de deux systèmes de courbes planes; ce sont des réseaux B_2 et B_2; parmi les congruences parallèles, il y en aura qui rencontrent deux courbes. Ces deux focales seront en général une courbe plane et une droite perpendiculaire au plan de la première. Les réseaux cherchés sont formés d'une série de courbes planes parallèles; les plans de l'autre série de courbes sont perpendiculaires à ceux de la première. Ces surfaces forment une généralisation des surfaces moulures; ces réseaux cycliques, ayant leurs deux invariants nuls, sont plusieurs fois cycliques. Les surfaces ainsi obtenues sont donc applicables d'une infinité de manières sur des surfaces analogues.

» Parmi ces surfaces se trouvent évidemment les quadriques; donc :

» *On peut d'une infinité de manières déformer une quadrique de telle sorte*

([1]) Les équations auxquelles satisfont les coordonnées tangentielles de deux réseaux applicables sont les équations (1) et (9), § XVII de mon Mémoire *Sur la déformation des surfaces* (*Journal de Mathématiques*, 1896).

que les sections perpendiculaires à un axe se transforment en courbes planes situées dans des plans parallèles et que les sections menées par cet axe se transforment en courbes planes, dont les plans sont perpendiculaires aux plans des premières transformées. »

ALGÈBRE. — *Les groupes d'ordre $p^2 q^2$, p étant un nombre premier plus grand que le nombre premier q.* Note de M. **Le Vavasseur**, présentée par M. Darboux.

« Dans ce qui suit, G_m indique le groupe cyclique d'ordre m.

» GH désigne le *produit direct* du groupe G par le groupe H.

» Énumérons d'abord les groupes décomposables. Ce sont :

$$G_{p^2q^2} = G_{p^2} G_{q^2}; \qquad G_{p^2}(G_q)^2 = G_{p^2q} G_q; \qquad (G_p)^2 G_{q^2} = G_p G_{pq^2}.$$

$$G^1_{p^2q} G_p \left\{ \begin{array}{l} [G^1_{p^2q} \text{ est défini par les équations } a^{p^2} = b^q = 1,\ ab = ba^\alpha, \\ \quad \text{où } \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \pmod{p^2}]. \end{array} \right.$$

$$G^1_{pq^2} G_p \left\{ \begin{array}{l} [G^1_{pq^2},\ a^p = b^{q^2} = 1,\ ab = ba^\alpha, \\ \quad \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \pmod{p}]. \end{array} \right.$$

$$(G_{pq})^2 = (G_p)^2 (G_q)^2 = G_p G_q G_{pq},$$

$$G^1_{pq} G_{pq} = G^1_{pq} G_p G_q \left\{ \begin{array}{l} [G^1_{pq},\ a^p = b^q = 1,\ ab = ba^\alpha, \\ \quad \alpha \text{ appartient à l'exposant } q^2 \pmod{p}]. \end{array} \right.$$

$$G^2_{pq^2} G_p \left\{ \begin{array}{l} [G^2_{pq^2},\ a^p = b^{q^2} = 1,\ ab = ba^\alpha, \\ \quad \alpha \text{ appartient à l'exposant } q^2 \pmod{p}]. \end{array} \right.$$

$$G^{2,r}_{p^2q} G_q \left\{ \begin{array}{l} [G^{2,r}_{p^2q},\ a^p = b^r = c^q = 1.\ ab = ba,\ ac = ca^\alpha,\ bc + cb^{\alpha^r}, \\ \quad \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \pmod{p}]. \end{array} \right.$$

$$(G^1_{pq})^2,$$

$$G^3_{p^2q} G_q \left\{ \begin{array}{l} \{G^3_{p^2q},\ a^{(p,x^2-u)} = b^q = 1,\ ab = ba^j,\ u \text{ est non résidu quadratique } \pmod{p}, \\ \quad j \text{ appartient à l'exposant } q\ [\text{modd}(p, x^2 - u)],\ q \text{ doit être impair}\}. \end{array} \right.$$

$$G^{3}_{12} G_3 (G^3_{12},\ a^2 = b^2 = c^3 = 1,\ ab = ba,\ ac = cb,\ bc = cab).$$

» Voici maintenant les groupes non décomposables :

$$G^1_{p^2q^2} \left\{ \begin{array}{l} [a^{p^2} = b^{q^2} = 1,\ ab = ba^\alpha, \\ \quad \alpha \text{ appartient à l'exposant } q \pmod{p^2}]. \end{array} \right.$$

$$G^2_{p^2q^2} \left\{ \begin{array}{l} [a^{p^2} = b^{q^2} = 1,\ ab = ba^\alpha, \\ \quad \alpha \text{ appartient à l'exposant } q^2 \pmod{p^2}]. \end{array} \right.$$

$G^{1,r}_{p^2q^2}$ $\Big\{$ [$a^p = b^p = c^{q^2} = 1,\ ab = ba,\ ac = ca^\alpha,\ bc = cb^{\alpha^r}$,
α appartient à l'exposant q (mod p); r est premier avec q].

$G^{2,r}_{p^2q^2}$ $\Big\{$ ($a^p = b^p = c^{q^2} = 1,\ ab = ba,\ ac = ca^\alpha,\ bc = c^{\alpha^r q}$),
α appartient à l'exposant q^2 (mod p); r est premier avec q.

$G^{3,r}_{p^2q^2}$ $\Big\{$ ($a^p = b^p = c^{q^2} = 1,\ ab = ba,\ ac = ca^\alpha,\ bc = cb^{\alpha^r}$),
α appartient à l'exposant q^2 (mod p); r est premier avec q.

$G^4_{4p^2}$ $\Big\{$ [$a^{(p, i^2+1)} = b^4 = 1,\ ab = ba^i$,
p est un nombre premier de la forme $4m+3$].

$G^3_{p^2q^2}$ $\Big\{$ $\{a^{(p, x^2-u)} = b^{q^2} = 1,\ ab = ba^j$, u est non résidu quadratique (mod p),
j appartient à l'exposant q [modd(p, x^2-u)], q est premier impair$\}$.

$G^4_{p^2q^2}$ $\Big\{$ $\{$Mêmes équations de définition que pour $G^3_{p^2q^2}$,
seulement j appartient à l'exposant q^2 [modd(p, x^2-u)]$\}$.

G^5_{36} (spécial à l'ordre 36) [$a^{(2, x^2+x+1)} = b^q = 1,\ ab = ba^x$)]. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la capacité électrique des corps mauvais conducteurs.* Note de MM. **I.-I. Borgman** et **A.-A. Petrovski**, présentée par M. Lippmann.

« Nous avons l'honneur de présenter à l'Académie quelques résultats de nos expériences touchant la capacité électrique des corps mauvais conducteurs (liquides et gaz raréfiés), faites d'après la méthode décrite dans notre Communication précédente ([1]). Rappelons en quelques mots le principe de la méthode.

» Le fil conducteur, attaché à l'une des bornes d'un ruhmkorff, dont l'autre borne communique à la terre, s'attache à une électrode, que l'on peut déplacer le long d'une gouttière horizontale (80^{cm} de longueur), creusée dans un bloc de paraffine et remplie d'eau. Les deux extrémités de cette gouttière sont munies d'électrodes en platine, communiquant avec les deux électrodes d'un tube de Geissler pour analyse spectrale. Quand on donne à l'électrode mobile une certaine position dans la gouttière, on remarque pendant l'action du ruhmkorff au milieu de la partie effilée du tube de Geissler un espace non illuminé très distinctement limité (un *nœud*). L'adjonction d'une capacité quelconque à l'une des électrodes du tube de Geissler provoque un déplacement du nœud dans la direction de cette électrode. Pour ramener le nœud dans sa position primitive, il faut adjoindre à l'autre électrode du tube une capacité égale à la première.

» Remarquons qu'un nœud très distinct ne peut être obtenu que dans un tube

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 420; 1899.

Geissler *très bien raréfié*. Dans un tel tube, le nœud est court et tranché. Dans des tubes dont la raréfaction est moindre, le nœud est plus long et indistinctement limité.

» Comme capacité variable, servant à compenser la capacité mesurée, nous nous servions dans nos expériences d'une colonne de mercure, contenue dans une burette dont l'extrémité inférieure était munie d'une électrode en platine. Cette burette était attachée à un tube vertical en verre fixé au milieu d'une tablette en paraffine, soutenue par trois longs pieds en tubes de verre paraffinés.

» L'électrode de la burette communiquait au moyen de deux petits godets remplis de mercure et d'un fil conducteur très fin à l'une des électrodes du tube de Geissler. Nos expériences nous ont prouvé que la capacité de la colonne mercurielle contenue dans la burette était proportionnelle à la hauteur de la colonne. Dans la burette que nous employons (11^{mm} de diamètre, volume maximum de 50^{cc}), 11^{cc} de mercure ont une capacité égale à la capacité d'une sphère métallique d'un rayon de $2^{cm},35$. Une variation de la colonne mercurielle de 1^{cc} donnait déjà un déplacement très visible du nœud dans le tube de Geissler.

» Nous avons fait des recherches sur la capacité de colonnes de divers liquides, ainsi que sur la capacité de tubes remplis de gaz raréfiés (tubes de Geissler et de Lecher). Pour déterminer la capacité d'une colonne d'un liquide quelconque, nous en remplissions une burette égale à la burette décrite plus haut et fixée de la même manière. Pour déterminer la capacité d'un tube rempli d'un gaz raréfié, on attachait l'une des électrodes du tube [ou dans le cas d'un tube sans électrode (tube de Lecher), l'une des extrémités du tube, enveloppée d'un morceau de papier d'étain] au fil conducteur venant d'une électrode du tube de Geissler, dans lequel se formait le nœud. Nos expériences, dans lesquelles les corps expérimentés étaient *soumis*, comme on le fait en général dans la mesure des capacités électriques, *à des électrisations alternatives*, nous ont donné les résultats suivants :

» 1. Les capacités de colonnes de liquides bons conducteurs ont la même grandeur que les capacités d'égales colonnes de mercure.

» 2. Les capacités de colonnes de liquides mauvais conducteurs *sont autres* en général que les capacités d'égales colonnes de mercure. Seulement pour de petites hauteurs des colonnes de liquides mauvais conducteurs, leur capacité est égale à la capacité des colonnes de mercure. Si l'on augmente la hauteur des colonnes de ces liquides, la représentation graphique des résultats montre que leur capacité va en croissant plus lentement que l'accroissement de la hauteur et s'approche asymptotiquement d'une valeur maximum.

» 3. Les colonnes de liquides isolants (éther desséché, xylol, solution

d'alcool dans de l'éther jusqu'à vingt-deux parties d'alcool dans cent parties de solution) ne donnent pas de capacité.

» 4. La capacité d'un tube contenant un gaz raréfié (tube de Geissler) va en croissant à mesure que la pression du gaz diminue. Mais cet accroissement va seulement jusqu'à une certaine limite, comme on le voit d'après ce fait qu'un tube de Crookes n'a qu'une capacité très petite, égale à la capacité de son électrode, et que le tube de Crookes ne s'illumine pas, tandis qu'un tube de Geissler s'illumine dans les mêmes conditions.

» 5. Dans de longs tubes cylindriques remplis de gaz raréfiés, le gaz dans les conditions nommées ne s'illumine pas tout le long du tube. Toutefois, la partie lumineuse de la colonne gazeuse croît, à mesure que la pression du gaz diminue, parallèlement à l'accroissement de la capacité.

» 6. La capacité de quelques tubes de Geissler réunis en série est moindre que la somme des capacités de ces tubes, mesurées à part. En général, l'annexion de nouveaux tubes à une série de tubes de Geissler provoque des accroissements de capacité de plus en plus petits. Tout ce qui est dit se rapporte aussi aux tubes sans électrodes.

» 7. Si l'on place à quelque distance d'un tube de Geissler, parallèlement à lui, un autre tube bien isolé, on ne remarque pas d'accroissement de capacité du premier tube; mais si l'on fait communiquer l'une des électrodes du second tube avec la terre, la capacité du premier tube s'accroît considérablement; dans ce cas, les deux tubes s'illuminent. Les mêmes faits s'observent aussi avec des tubes sans électrodes, quand on fait communiquer avec la terre l'extrémité du second tube sans électrodes, enveloppée dans un morceau de papier d'étain.

» Nous avons aussi mesuré, d'après la méthode décrite, la capacité d'un anneau métallique, calculée par M. Boulgakoff, d'après des formules données par lui [1], et trouvée égale à 3,6; nos mesures ont donné une capacité égale à 3,8; mais il faut remarquer que, dans nos expériences, l'anneau n'était pas assez éloigné des corps conducteurs qui l'entouraient. »

---

[1] *Journal de la Soc. physico-chimique russe,* t. XXX, p. 103; 1898.

OPTIQUE. — *Sur une source intense de lumière monochromatique.* Note de MM. **Ch. Fabry** et **A. Perot**, présentée par M. A. Cornu.

« Beaucoup d'expériences d'Optique nécessitent l'emploi d'une source intense de lumière monochromatique. Les flammes contenant un sel de soude, d'un usage si fréquent, ne donnent pas toujours le résultat demandé : l'éclat intrinsèque de la flamme est assez médiocre, les radiations sont loin d'être rigoureusement monochromatiques et ne permettent que difficilement d'observer des interférences jusqu'à la cent-millième frange; on peut, il est vrai, augmenter l'éclat en employant la flamme oxhydrique, mais c'est aux dépens de la finesse des raies; enfin les deux radiations émises, voisines et difficiles à séparer, sont souvent une gêne. D'autres sels ne donnent pas lieu à cet inconvénient, mais sont inférieurs à ceux du sodium au point de vue de l'éclat et de la finesse des raies. Quant à d'autres sources parfois employées (étincelle d'induction, arc électrique contenant des métaux, etc.), leur éclat intrinsèque est élevé, mais la lumière qu'elles émettent ne permet pas d'obtenir des interférences à grande différence de marche. Les tubes à vapeur métallique de M. Michelson, qui donnent des radiations si remarquablement simples, sont malheureusement d'un emploi un peu compliqué et ne donnent pas une lumière extrêmement intense.

» Nous avons obtenu d'excellents résultats en employant comme source de lumière monochromatique l'*arc au mercure dans le vide,* découvert et étudié par M. Arons ([1]). L'arc électrique jaillit entre deux surfaces de mercure, dans un espace clos et parfaitement vide d'air. L'allumage se produit en donnant à l'appareil une légère secousse, qui amène pour un instant les deux surfaces au contact; l'arc s'établit et subsiste sous forme d'une flamme de couleur blanchâtre.

» La forme d'appareil que nous utilisons, construite par M. Chabaud, est constituée par une ampoule de verre cylindrique, contenant du mercure jusqu'au tiers de sa hauteur; ce mercure est divisé en deux masses électriquement isolées l'une de l'autre par un tube de verre, concentrique à l'ampoule, qui débouche au ras du niveau du mercure. Chacune des masses de mercure est mise en communication, par un fil de platine soudé dans le verre, avec l'un des pôles d'une source de courant continu, le mer-

---

([1]) *Wiedemann's Annalen,* t. XLVII, p. 767, 1892, et t. LVIII, p. 73, 1896.

cure central avec le pôle négatif. Un vide aussi parfait que possible a été fait dans l'ampoule. Par une légère secousse, les deux masses de mercure arrivent au contact, puis se séparent par capillarité en donnant naissance à un arc.

» La différence de potentiel ne dépasse pas 15 volts, mais pour que l'arc soit stable il faut que la force électromotrice soit d'au moins 30 volts; on peut naturellement employer une source à potentiel plus élevé, en intercalant, dans tous les cas, un rhéostat dans le circuit. L'arc subsiste avec un courant de deux à trois ampères; l'appareil peut supporter un courant plus intense, et son intensité lumineuse peut s'élever à 1 carcel.

» La surface de la source étant petite, son éclat intrinsèque est très élevé. Le fonctionnement de l'appareil ne nécessite aucune surveillance, même pour des expériences de longue durée.

» Le spectre de cette source est identique à celui des tubes de M. Michelson, à vapeur de mercure; en laissant de côté des raies peu brillantes, il comprend une raie violette, une verte et deux jaunes, dont les longueurs d'onde sont [1] :

$0^{\mu},43580$ environ; $0^{\mu},54607424$; $0^{\mu},57695984$; $0^{\mu},57906593$.

» Quoique ces raies ne soient pas aussi fines que celles que donnent les tubes à vapeur de mercure, elles permettent encore d'observer des interférences avec de très grandes différences de marche. Avec la raie verte, qui est de beaucoup la plus brillante, on peut observer jusqu'à la quatre-cent-millième frange (différence de marche 22^{cm}). La constitution de cette raie est la même avec cette source qu'avec les tubes de M. Michelson [2].

» Si l'on veut utiliser l'arc au mercure comme source de lumière monochromatique, il faut isoler l'une des radiations, la verte par exemple. On peut y arriver au moyen d'un prisme, ou plus simplement par l'emploi de

---

(1) Voir *Annales de Chimie et de Physique*, mars 1899.

(2) La constitution de cette raie est très complexe; une étude très approfondie, par notre méthode de spectroscopie interférentielle, nous a permis d'y découvrir cinq composantes, distribuées de la manière suivante : Si, partant de la composante principale, dont l'éclat est très prédominant, on s'éloigne vers le rouge, on rencontre, à des distances $\frac{\lambda'-\lambda}{\lambda}$ comptées à partir de cette composante principale, d'abord une raie extrêmement voisine $\left(\frac{\lambda'-\lambda}{\lambda} = 1,6 \times 10^{-6}\right)$, puis une composante plus faible à la distance 15×10^{-6}, puis enfin une raie très faible à la distance 25×10^{-6}. Du côté violet, à la distance 9×10^{-6}, se trouve une autre composante très faible. Ces raies, toutes bien moins intenses que la composante principale, ne sont généralement pas gênantes.

milieux absorbants. Un faible verre jaune ou une mince couche d'une solution de bichromate de potasse absorbe la raie violette; le chlorure de didyme en solution saturée sous une épaisseur de quelques millimètres présente une bande d'absorption qui recouvre les deux raies jaunes; un mélange de ces deux sels ne laisse passer, sans l'affaiblir, que la raie verte. Une faible dissolution d'éosine ne laisse passer que les deux radiations jaunes. Tous ces liquides peuvent être placés dans de petites cuves que l'on colle à l'oculaire de l'appareil d'observation.

» Enfin la raie violette est d'un emploi très commode pour la photographie en lumière monochromatique; il est inutile d'éliminer les raies jaune et verte, qui sont sans action sur les plaques ordinaires, mais il faut se débarrasser de plusieurs radiations situées au delà de la raie violette; il suffit d'interposer une dissolution d'un liquide fluorescent, tel qu'une dissolution acide de sulfate de quinine.

» La lumière de l'arc au mercure dans le vide peut être commodément employée pour la détermination des numéros d'ordre de franges, par la méthode des coïncidences. Son éclat n'est pas toujours suffisant pour des expériences de projection; nous rappellerons ici que l'on obtient une lumière encore plus éclatante en faisant jaillir l'arc électrique, dans l'air, entre une surface de mercure (pôle +) et un charbon. Nous avons fait construire, par M. Pellin, un appareil qui se place dans une lanterne à projection ordinaire, pour la production de cet arc. Les raies données par cette source sont beaucoup moins fines que celles de l'arc dans le vide; elles permettent cependant de réaliser en projection et en lumière monochromatique la plupart des expériences d'Optique. »

CHIMIE. — *Sur le rapport des poids atomiques de l'oxygène et de l'hydrogène.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. Lippmann.

« La synthèse de l'eau en poids m'a conduit, pour le rapport des poids atomiques de l'oxygène et de l'hydrogène, au nombre 15,88, que je considère comme approché à moins de $\frac{1}{10000}$ près par excès.

» Une autre méthode, fondée sur la détermination des densités de l'hydrogène, de l'oxygène et du mélange tonnant, m'ayant conduit à un nombre sensiblement inférieur (15,868), j'en ai conclu que le mélange, à volume constant et à 0°, de 2 volumes d'hydrogène avec 1 volume d'oxygène, pris tous deux à la pression atmosphérique, devait donner lieu à une

augmentation de pression de $\frac{1}{4000}$, soit $0^{mm},19$ de mercure (1). C'est précisément ce que viennent d'observer MM. P. Sacerdote et D. Berthelot (2).

» Bien que cette augmentation de pression ne puisse être mesurée qu'à quelques centièmes de millimètre près, il y a lieu de remarquer que des deux expériences dont ils citent les résultats ($0^{mm},15$ et $0^{mm},21$), la première se rapproche le plus des conditions envisagées plus haut.

» Admettons donc que, dans lesdites conditions, l'augmentation soit de $0^{mm},15$ seulement, c'est-à-dire $\frac{1}{5000}$. On aurait alors, pour déterminer la composition en volumes de l'eau, l'équation

$$x \times 0{,}06948 + (1 - x)1{,}10523 = 1{,}0002 \times 0{,}41423.$$

» On en tire, pour le rapport des poids atomiques de l'oxygène et de l'hydrogène,

$$\frac{2(1-x)1{,}10523}{x \times 0{,}06948} = 15{,}878,$$

valeur par défaut.

» Je trouve dans ce résultat une confirmation remarquable du nombre adopté plus haut, ainsi que de mes diverses déterminations. »

PHYSIQUE. — *Sur l'augmentation de pression produite par le mélange de deux gaz et sur la compressibilité du mélange.* Note de M. **Daniel Berthelot**, présentée par M. H. Becquerel.

« Lorsque deux gaz, primitivement à la même pression, se mélangent sans variation de volume ni de température, il se produit, en général, une légère augmentation de pression Δp.

» A la suite de quelques expériences fort précises de MM. Leduc et Sacerdote sur ce phénomène, j'ai émis l'idée (*Comptes rendus*, 13 juin 1898) que l'on peut calculer Δp en imaginant une suite d'opérations telle que la diffusion se fasse à l'état gazeux parfait. On suppose les deux gaz placés dans deux corps de pompe fermés par des pistons mobiles que l'on soulève jusqu'à ce que la pression soit devenue infiniment faible. On met alors les récipients en communication et l'on ramène les pistons à leur position initiale.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, numéro du 3 septembre 1898 (p. 50 du tirage à part).

(2) *Comptes rendus*, 27 mars 1899.

» Le calcul de ce cycle exige que l'on connaisse non seulement la compressibilité des gaz séparés, mais encore celle du mélange entre une pression très faible et la pression de l'expérience. Cette dernière donnée faisant défaut, j'avais dû la calculer en admettant certaines hypothèses. Les mesures de compressibilité des mélanges gazeux faites depuis par M. Sacerdote et par moi-même (*Comptes rendus*, 27 mars 1899) permettent une vérification purement expérimentale :

» 1° Mélange $SO^2 + CO^2$. — Le coefficient d'écart A_0^t à la loi de Mariotte à 0° est égal (les pressions étant exprimées en centimètres de mercure) à 174×10^{-6} pour $SO^2 + CO^2$; à 310×10^{-6} pour SO^2 et à 88×10^{-6} pour CO^2. On en déduit $\Delta p = 1^{mm},52$. L'expérience directe donne le nombre voisin $1^{mm},36$.

» 2° Mélange atmosphérique. — Les valeurs de A_0^1 à 0° sont égales à 7×10^{-6} pour l'air, à 10×10^{-6} pour l'oxygène, à 5×10^{-6} pour l'azote. On en déduit $\Delta p = 0^{mm},01$, quantité inférieure aux erreurs de mesure : ce qui est d'accord avec les mesures très exactes sur la densité de l'air et de ses éléments faites par Lord Rayleigh et M. Leduc.

» 3° Mélange H + O. — Les valeurs de A à 0° sont égales à -2×10^{-6} pour H + O ; à -8×10^{-6} pour H ; à $+10 \times 10^{-6}$ pour O. On en déduit $\Delta p = 0^{mm},17$. L'expérience directe donne la valeur voisine $0^{mm},20$.

» L'emploi du cycle proposé se trouve donc justifié par l'expérience. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherches sur la séparation de traces de brome existant dans les chlorures*. Note de M. H. **Baubigny**, présentée par M. Troost.

« J'aurais considéré comme incomplète la méthode de séparation du chlore et du brome dont j'ai commencé l'étude avec M. P. Rivals ([1]), si je m'étais borné au cas général, c'est-à-dire à celui où les deux éléments se rencontrent dans le mélange en quantité notable. Le problème présente, en effet, un égal intérêt lorsqu'il s'agit de la recherche et du dosage de l'un de ces corps en présence d'un grand excès de l'autre, ce qui a lieu soit lors de l'analyse de certaines eaux minérales, soit lorsqu'il s'agit de vérifier la pureté des bromures, considérés comme agents thérapeutiques.

» Examinons d'abord la première question, celle où il y a excès de chlorure. A 100°, comme nous l'avons montré, la séparation du chlore et du brome n'est possible que si la richesse de la solution, en chlorures, ne dépasse pas un *quantum* déterminé, parce qu'au delà de cette teneur il

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 527 et 607.

y a aussi mise en liberté de chlore, et en proportion d'autant plus grande qu'il y a plus de chlorure pour un même volume de liqueur. Or le dosage de quantités minimes d'une substance dans un mélange donné exige, pour présenter des garanties, l'emploi d'un poids relativement élevé de matière. En la circonstance, on serait donc conduit à faire usage d'un volume liquide considérable. A cela, il n'y a aucune impossibilité théorique; mais, en fait, la pratique se compliquerait au point de rendre la recherche extrêmement pénible et fort délicate.

» Ayant observé que l'action des agents oxydants sur les chlorures diminue d'intensité si l'on abaisse la température, j'ai cherché alors, en mettant à profit cette remarque, à opérer sur des solutions plus concentrées. Comme les avantages ne sont pas encore assez nettement accusés à 70° et même à 50°, puisque à ces températures on ne peut encore augmenter arbitrairement la concentration, j'ai essayé l'oxydation à froid, me laissant guider, en cela, par les résultats de nos premiers essais de séparation : ceux obtenus en évaporant à siccité et dans le vide, à la température ordinaire, la dissolution saline en présence du mélange oxydant. Nous avons montré, par ces expériences (¹), que les bromures sont oxydés avec mise en liberté de la totalité du brome, sans qu'il y ait apparence d'attaque des chlorures. J'ai donc été amené ainsi à étudier ce qui se passe *à froid* dans un milieu très riche en sel marin et en sulfate de cuivre, étant donné que, d'une façon générale, la décomposition des bromures est d'autant plus rapide que la teneur du liquide en sel de cuivre est plus élevée. Le volume de liqueur n'a plus alors rien d'excessif, non plus que le poids du sulfate mis en œuvre, puisque dans 30^{cc} d'une solution de ce dernier composé, saturée à froid (ce qui représente très sensiblement 10^{gr} de $CuSO^4 + 5H^2O$ cristallisé), on peut faire dissoudre 12^{gr} de chlorure de sodium, cela grâce au double échange qui s'effectue entre le sulfate et le chlorure.

» Toutefois le procédé n'est pas sans présenter quelques inconvénients : d'abord, en ce qui concerne les bromures, considérés isolément, leur décomposition ne *s'achève* que lentement à la température ordinaire, bien que ce défaut s'atténue d'autant plus que le volume de la dissolution est plus petit, parce que la mise en liberté du brome est plus rapide; elle nécessite cependant encore plusieurs heures, même en aidant au départ du brome libre par entraînement mécanique.

» D'autre part, l'expérience prouve que, même à 15° et 18°, avec un

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 859.

liquide très riche en chlorure, il y a production d'un peu de chlore, de très faibles quantités bien entendu, mais certaines; par exemple de 1^{mgr} à 2^{mgr} pour une durée de cinq à huit heures, si l'on opère avec 12^{gr} de sel marin dans 30^{cc} d'une solution saturée de sulfate de cuivre contenant $1^{gr},2$ de permanganate. Pendant le cours de l'opération, il est impossible de sentir le chlore à l'extrémité du tube par lequel le courant d'air sort du ballon à réaction, et cela se comprend du reste, la décomposition du chlorure étant extrêmement lente; mais on le constate par l'étude du liquide alcalin si l'on a adapté le condensateur, ou bien en laissant reposer le mélange deux ou trois heures dans l'appareil et en y faisant ensuite passer un courant d'air assez lent. On perçoit alors nettement au premier instant l'odeur du chlore.

» *A priori*, il semblerait qu'il y a contradiction entre ce fait et la précision des résultats trouvés lors des dosages du brome et du chlore par la méthode d'oxydation et d'évaporation dans le vide. Cette contradiction n'est qu'apparente, et tout s'explique si l'on remarque : 1° que ce dernier procédé n'a été appliqué qu'à des poids de sels de cinquante à cent fois moins forts que celui employé dans l'expérience précitée; 2° que l'attaque des chlorures ne se produit à froid que si la solution est saturée, ou presque, en chlorure et sel de cuivre; 3° qu'elle est très lente; 4° enfin que cette attaque cesse dès que le mélange est sec.

» La décomposition des chlorures, lors de l'emploi de la méthode par dessiccation, ne peut donc pas être sensible, vu les poids minimes employés, puisque leur oxydation ne pourrait avoir lieu que lorsque le liquide est réduit à un très petit volume, qui, dans le vide, est alors amené rapidement à l'état de siccité. Le moment critique est donc relativement court et il n'y a qu'une ébauche d'action qui ne comporte qu'une erreur hors de toute limite d'appréciation possible.

» En résumé, si l'on traite *à froid* un poids notable de chlorure mis en solution saturée ou presque et très riche en sulfate de cuivre, par le permanganate ($\frac{1}{10}$ du poids du chlorure environ), on peut en retirer la totalité du brome que le chlorure contenait sous forme de bromure, mais en même temps il y a mise en liberté de traces de chlore.

» La solution du problème posé n'en est cependant pas faussée; il suffit de reprendre le liquide alcalin du condensateur où ont été recueillis le chlore et le brome, et de traiter à nouveau à 100° par la méthode générale ce liquide qui ne renferme plus que des traces minimes de chlore; toutefois, après l'avoir préalablement préparé pour cette opération, en sui-

vant rigoureusement les indications données à ce sujet dans une Note précédente [1], pour un cas similaire.

» Comme exemple de la précision de la méthode, je me bornerai à donner les résultats des deux essais faits par ce procédé :

Na Cl employé.	K Br ajouté (solution titrée).	Valeur en Ag Br du K Br ajouté.	Ag Br retrouvé après la seconde opération.
gr 5	gr 0,00348	0,0055	0,0054
12	0,00525	0,0083	0,0081

» On voit comme il est aisé de parer à la formation d'un peu de chlore et de conserver au résultat toute sa précision. D'ailleurs ce chlore dégagé lors de l'opération initiale, en activant la décomposition du bromure, favorise même en quelque sorte la recherche, en ce qu'il en abrège la durée, comme me l'ont montré des expériences comparatives faites avec des poids identiques de bromure, ajoutés seuls ou en présence d'un grand excès de sel marin à des volumes égaux de mélange oxydant. A froid, l'action du chlore est plus rapide que celle par oxydation; et en fin de compte on gagne en temps par ce fait, malgré la nécessité d'une double distillation.

» Aussi cette observation m'a-t-elle conduit à perfectionner le procédé dans le sens que j'indiquerai prochainement. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les impuretés de l'aluminium.* Note de M. **Adolphe Minet.**

« On sait que les impuretés de l'aluminium ont pour premier effet de rendre ce métal plus attaquable par les agents chimiques, avec cette circonstance aggravante que, tandis que l'aluminium pur présente, au contact de ces agents, une usure normale qui permet d'en fixer *a priori* la durée, l'aluminium impur se corrode très irrégulièrement, au point qu'on ne peut accorder aux objets qui en sont formés qu'une confiance limitée.

» Les impuretés de l'aluminium produit avec les nouvelles méthodes

---

[1] *Méthode générale de séparation du chlore, du brome et de l'iode mélangés à l'état de sels d'argent* (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 53).

électrolytiques ([1]) sont formées généralement de silicium, de fer et de traces de carbone : leurs proportions, qui étaient d'environ *un centième* peu après les premières applications de ces méthodes, ne dépassent guère aujourd'hui *quinze dix-millièmes*. Voici d'ailleurs les chiffres trouvés à différentes époques :

	Années		
	1890.	1893.	1897.
Silicium	0,90	0,25	0,02
Fer	0,40	0,40	0,12
Aluminium	98,70	99,35	99,86
	100,00	100,00	100,00

» On remarque que les proportions de silicium sont allées sans cesse en s'affaiblissant, jusqu'à devenir négligeables, tandis que celles du fer restent appréciables.

» Il faut, pour expliquer ce fait, remonter aux sources mêmes des impuretés. Le silicium provient principalement des produits d'alimentation et du charbon des électrodes, substances qui sont rarement exemptes de silice, mais qu'on a réussi à purifier suffisamment; le fer est fourni par la cuve, ou son armature, et peut être évité avec certaines dispositions que nous allons décrire.

» Premier type de four. — Le bain est maintenu fondu, moitié par le courant, moitié par une source extérieure de chaleur. L'appareil est formé d'une cuve en fonte de fer VV (*fig.* 1) de forme parallélépipédique, revêtue extérieurement d'une garniture en maçonnerie MM, la protégeant contre les gaz surchauffés qui l'entourent.

» Les électrodes sont en charbon; la cathode C est disposée immédiatement au-

([1]) L'électrométallurgie de l'aluminium est basée sur l'électrolyse d'un bain fondu, composé d'un mélange de fluorure double d'aluminium et de sodium et de fluorures et chlorures de métaux alcalins et alcalino-terreux; cette addition de sels étrangers a pour principal but d'abaisser la température du point de fusion du bain, tout en lui conservant le maximum de fluidité.

Le bain est contenu dans une cuve en fonte de fer, garnie ou non intérieurement d'une couche de charbon aggloméré; il est amené à l'état de fusion ignée et maintenu fondu par le courant qui le traverse, ou partie par le courant, partie par une source extérieure de chaleur. Les électrodes sont formées de charbon aggloméré.

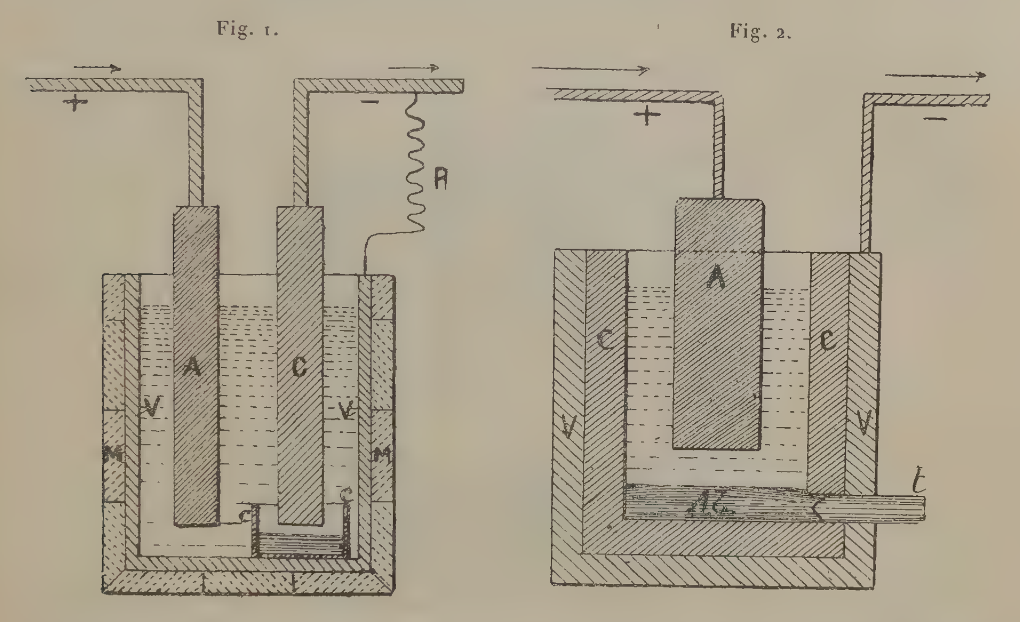
L'alimentation du bain s'opère par un mélange d'alumine, de fluorure d'aluminium et des différents sels qui constituent l'électrolyte, de façon à maintenir constants son niveau et sa composition.

dessus d'un creuset *cc*, en charbon de même nature que les électrodes, où s'écoule l'aluminium, au fur et à mesure de sa formation sur la cathode.

» Afin d'empêcher la cuve d'être attaquée par le bain, qui se trouverait, de ce fait, rapidement chargé de sels de fer, facilement décomposables par le courant, on la place en dérivation sur la cathode par l'intermédiaire d'une résistance R, calculée de façon qu'il ne passe par la cuve que les $\frac{5}{100}$ du courant total; grâce à cet artifice, les parois intérieures de la cuve sont recouvertes d'une couche infiniment faible d'aluminium, sans cesse renouvelée, qui la garantit de toute corrosion.

» J'ai obtenu avec ce type de four, imaginé en 1887, de l'aluminium où les impuretés n'excédaient pas 0,51 pour 100, dont 0,33 pour 100 de silicium, 0,18 pour 100 seulement de fer; les produits d'alimentation n'avaient pas leur degré actuel de pureté, d'où les proportions assez importantes de silicium.

Fig. 1. Fig. 2.



» Si ce dispositif donne de l'aluminium à un assez grand degré de pureté, il est peu pratique, en ce sens que la cuve métallique est rapidement mise hors d'usage, ayant à subir une double détérioration : celle causée par l'aluminium qui se dépose sur ses faces intérieures et se répand dans sa masse, en formant un alliage fusible de ferro-aluminium, et celle due aux gaz chauds qui l'environnent; au bout de huit à dix jours de marche, la cuve laisse filtrer le bain et se trouve ainsi hors de service.

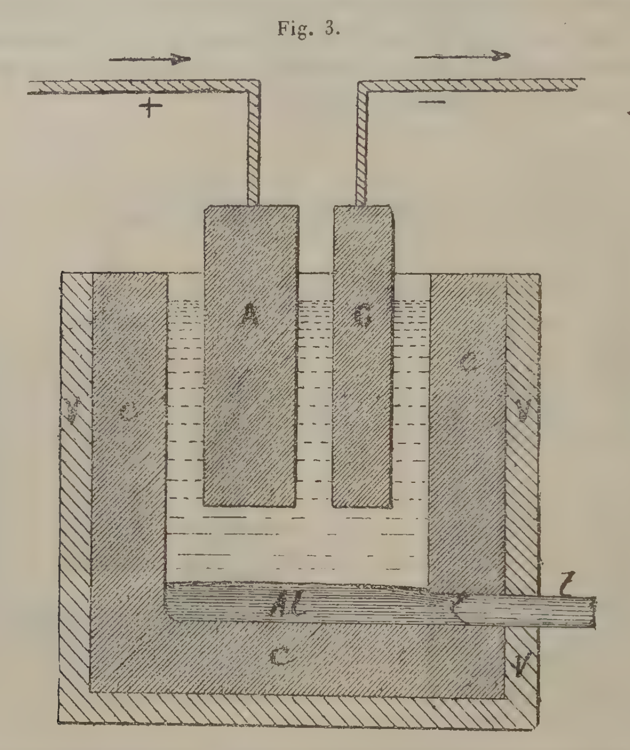
» Deuxième type de four. — Avec cet appareil, le bain est maintenu fondu par le courant seul. La cuve a conservé la forme parallélépipédique; elle est nue à l'extérieur et garnie intérieurement d'une couche de charbon CC (*fig.* 2); elle remplit les fonctions d'électrode négative. On la dénomme communément *cuve-cathode*.

» Au début de l'opération, la proportion de fer dans l'aluminium est très faible et peut descendre à 0,1-0,2 pour 100; mais, à la température élevée où elle se trouve, la garniture en charbon laisse *filtrer* facilement le bain, qui se trouve bientôt en con-

tact avec la cuve métallique; dès lors cette dernière, étant en communication électrolytique avec l'anode A, reçoit sur ses parois intérieures de l'aluminium accompagné de certaines quantités de sodium, ce dernier métal provenant de l'électrolyse du chlorure de sodium ou du fluorure de sodium, parties constituantes du bain, qui, à la tension de 8 volts, force électromotrice atteinte généralement dans l'électro-métallurgie de l'aluminium, peut se produire en même temps que celle du fluorure d'aluminium, la décomposition de ce dernier sel restant toutefois prédominante.

» Lorsque le sodium se dépose sur les parois intérieures de la garniture en charbon,

Fig. 3.



cela n'offre aucun inconvénient; il réduit le fluorure d'aluminium qu'il rencontre, en se transformant en fluorure de sodium et mettant en liberté des quantités équivalentes d'aluminium; au contraire, lorsque le sodium prend naissance au point de séparation de la cuve métallique et de sa garniture, il ne trouve pas des quantités suffisantes de fluorure d'aluminium pour disparaître; il se répand alors dans la masse de la garniture, la corrode et la transforme en bouillie.

» L'aluminium produit avec ce dispositif, presque pur au début, devient de plus en plus ferreux; certaines cuves de ce type durent environ trente à quarante jours, d'autres sont mises presque immédiatement hors de service.

» Lorsque l'aluminium doit être transformé en alliage, on peut tirer un bon parti de ce type de four, qui est le plus pratique, industriellement parlant, en formant la cuve du métal ou d'un des métaux qui entrent aussi dans l'alliage, de sorte que si dans le cours de l'électrolyse, à la suite de la corrosion de la garniture intérieure, le

bain se souille du métal de la cuve, cela ne constitue pas, à proprement parler, une impureté; on élimine ainsi les dernières traces de fer.

» Troisième type de four. — Le bain est maintenu fondu par le courant seul. Ce dispositif tient le milieu entre les premier et deuxième types. La cuve métallique VV (*fig.* 3) est nue à l'extérieur; elle est garnie intérieurement d'une couche de charbon *cc* dont on exagère l'épaisseur; elle est indépendante des électrodes; l'aluminium s'écoule de la cathode C dans une cavité ménagée au centre même du fond de la garniture, d'où on la retire par le trou de coulée *t*.

» La garniture intérieure, n'étant le siège d'aucune réaction électrolytique, comme dans le deuxième type, dure beaucoup plus longtemps; il en est de même de la cuve métallique, qui peut être amenée, par refroidissement extérieur ou par son éloignement du bain, à une température inférieure à celle du point de fusion de ce dernier.

» Toute communication entre la cuve métallique et la masse du bain est donc complètement supprimée, et aussi l'afflux dans le bain du métal de la cuve.

» Dans le cas où l'aluminium est destiné à former un alliage, on peut, comme avec le deuxième dispositif, remplacer la fonte de fer, qui constitue généralement la cuve métallique, par le métal ou l'un des métaux qui doivent entrer dans cet alliage.

» On peut aussi prévoir une garniture de charbon suffisamment épaisse et un refroidissement extérieur assez grand pour que la température de la cuve métallique n'excède pas 500°, celle du bain étant abaissée et maintenue à 750° environ; dans ces conditions, la cuve métallique peut être *en aluminium* et l'on obtient alors un métal ne renfermant plus, comme impuretés, que des traces de silicium. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le phosphure de magnésium.* Note de M. Henri Gautier [1], présentée par M. Henri Moissan.

« Les phosphures métalliques ont été récemment l'objet d'une étude approfondie de la part de M. Granger, qui a réussi, par divers procédés, à en préparer un certain nombre qui n'étaient pas encore connus. Dans son travail, M. Granger [2], après avoir soumis à un nouvel examen le procédé indiqué autrefois par M. Parkinson [3], pour la préparation du phosphure de magnésium, conclut que, si ce savant a obtenu une composition constante pour ce phosphure, c'est parce qu'il opérait toujours dans les mêmes conditions, mais qu'il est impossible de préparer ce composé par voie directe, aucun vase ne pouvant résister à l'action combinée du magnésium et du phosphore.

---

(1) Travail fait au laboratoire des Hautes Études de M. Moissan.

(2) Granger, *Thèse de doctorat*, 1898.

(3) Parkinson, *Journal of the chemical Society*, 1867, p. 309.

» Nous espérons démontrer dans cette Note que le phosphure de magnésium peut être obtenu sensiblement pur par l'union directe de ses éléments, et nous indiquerons quelques-unes des propriétés de ce phosphure.

» Pour préparer ce phosphure, on place à une petite distance l'une de l'autre, dans un tube en verre peu fusible, deux nacelles en graphite contenant l'une de la limaille de magnésium pur et l'autre du phosphore rouge bien sec. Le tube en verre est placé sur une petite grille à gaz et celle de ses extrémités où se trouve la nacelle à phosphore est reliée à un appareil fournissant de l'hydrogène sec. Lorsque l'air du tube est complètement chassé par le courant d'hydrogène, on chauffe au rouge le magnésium, puis on fait distiller le phosphore un peu rapidement. La combinaison a lieu avec une grande facilité : dès que la vapeur de phosphore arrive au contact du magnésium il se produit un vif dégagement de chaleur, la teinte rouge du magnésium devient plus claire que celle du tube; on continue pendant un certain temps le courant de vapeur de phosphore, puis ensuite celui d'hydrogène pour chasser l'excès de cette vapeur et on laisse refroidir dans le courant gazeux.

» La difficulté est de sortir la nacelle du tube : celui-ci contient en effet de part et d'autre de la nacelle du phosphore divisé qui s'enflamme dès qu'on ouvre le tube. Pour éviter cet inconvénient, on fait dépasser le tube de la grille d'environ 20^{cm} et l'on a soin d'engager préalablement cette partie du tube dans la douille d'une cloche de verre. Quand l'expérience est terminée, on remplit la cloche de neige d'anhydride carbonique, la température du phosphore se trouve abaissée, on ouvre le tube dans une atmosphère d'anhydride carbonique, et il est dès lors facile de sortir la nacelle.

» Si l'on a eu soin de ne pas tasser le magnésium dans la nacelle et de n'en pas mettre une épaisseur supérieure à 5^{mm} ou 6^{mm}, on trouve la nacelle tapissée de petits cristaux brillants, d'un gris verdâtre foncé, très rapidement altérables à l'air humide, et qui ne peuvent être conservés qu'en tubes scellés.

» Ces cristaux sont en effet décomposés par l'eau avec une extrême facilité : il se produit un dégagement d'hydrogène phosphoré et un dépôt de magnésie; celle-ci présente souvent une teinte légèrement grisâtre qu'elle doit à des traces de carbone provenant de la nacelle et à une petite quantité de magnésium non transformé en phosphure.

» Le gaz hydrogène phosphoré que l'on obtient ainsi est bien le phosphure gazeux PH^3; il est entièrement absorbable par la solution de sulfate de cuivre et, chauffé dans une cloche courbe avec des fils de cuivre réduit, il fournit un volume d'hydrogène égal à une fois et demie son propre volume.

» Le phosphure de magnésium a été analysé de la façon suivante :

» Un poids connu de ce phosphure est placé dans un petit ballon à distiller mis en communication avec un tube à boules contenant une solution d'azotate d'argent, puis l'on fait arriver dans le ballon un courant d'air chargé de vapeur d'eau par son passage dans un flacon rempli d'eau tiède. Tout le phosphore se dégage à l'état d'hydrogène phosphoré qui se transforme en phosphure d'argent au contact de la solution d'azotate.

» Ce phosphure d'argent est oxydé au moyen de l'acide azotique, et, après avoir éliminé l'argent par l'acide chlorhydrique, on dose l'acide phosphorique dans le liquide. On adapte ensuite au ballon un tube à entonnoir et on le relie par l'intermédiaire de tubes desséchants à un tube rempli d'oxyde de cuivre mis en communication avec un tube à ponce sulfurique. En faisant arriver par le tube à entonnoir une solution étendue d'acide sulfurique, on dissout la magnésie en même temps que le magnésium libre donne de l'hydrogène, dont la transformation en eau permet de connaître le poids de métal non combiné. La solution de sulfate de magnésium filtrée est précipitée à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien et fournit le magnésium total. En opérant ainsi nous avons trouvé que le phosphure de magnésium, préparé comme nous l'avons indiqué, pouvait contenir de 3 à 4 pour 100 de magnésium non combiné. Après soustraction de la valeur de cette impureté, nous avons obtenu, pour la composition du phosphure de magnésium, les chiffres suivants :

	I.	II.	Théorie pour P^2Mg^3.
Magnésium...........	54,12	54,23	53,73
Phosphore...........	46,01	45,90	46,27

» Le phosphure d'hydrogène, préparé par la méthode que nous venons de décrire, correspond donc à la formule P^2Mg^3.

» Nous avons indiqué plus haut son action sur l'eau; il réagit de même assez vivement sur un certain nombre de corps simples et composés.

» Chauffé au rouge sombre dans un courant d'oxygène sec, il s'oxyde avec incandescence en se transformant en phosphate de magnésium, mais, à froid, il reste inaltéré dans l'oxygène ou dans l'air parfaitement secs.

» Chauffé dans un courant de chlore, il y brûle avec une vive lumière en donnant du chlorure de magnésium et du chlorure de phosphore.

» Le brome et l'iode ne réagissent pas à froid, mais ils se comportent comme le chlore sous l'influence de la chaleur; la réaction est seulement moins vive.

» L'acide chlorhydrique décompose le phosphure de magnésium avec une vive effervescence : il se dégage du phosphure d'hydrogène.

» L'acide sulfurique concentré l'attaque lentement avec formation de sulfate de magnésium et d'acide phosphorique.

» Au contact de l'acide azotique, le phosphure de magnésium s'enflamme : on obtient de l'azotate de magnésium et de l'acide phosphorique.

» En résumé la combinaison directe du magnésium et du phosphore fournit un phosphure de formule P^2Mg^3. Ce composé se détruit par l'eau avec une grande facilité en donnant de la magnésie et du phosphure d'hydrogène gazeux pur. Son action chimique est très grande : il réagit facilement sur les métalloïdes de la première et de la deuxième famille. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la flamme de l'hydrogène*. Note de MM. **Schlagdenhauffen** et **Pagel**, présentée par M. Henri Moissan.

« Les auteurs s'accordent généralement à dire que la flamme de l'hydrogène est très pâle, mais peu d'entre eux mentionnent, comme le font Berzélius (2e édition, t. I, p. 146) et Orfila (*Traité de Chimie*, p. 103; 1831), qu'elle peut être verte ou bleue, selon le degré de pureté du gaz.

» Obtenu par la décomposition de l'eau au moyen de la pile, l'hydrogène, en brûlant, ne fournit, il est vrai, qu'une lumière peu éclairante, mais, quand il est préparé avec de la grenaille ou des cylindres de zinc et de l'acide sulfurique, garantis purs, la flamme présente parfois, à la partie centrale, un filet verdâtre ou légèrement bleuté, apparent surtout quand on a soin de fixer sur le tube à combustion, avec du plâtre, un petit cône de platine de chalumeau. La flamme change, par conséquent, d'aspect. Cette modification ne peut évidemment tenir qu'à la présence d'éléments étrangers, en petites proportions seulement, contenus dans le zinc.

» Si le gaz passe à travers des flacons contenant des solutions de potasse, d'acétate de plomb, de sublimé, d'azotate ou de sulfate d'argent, les impuretés y sont retenues et l'hydrogène enflammé à l'extrémité de l'appareil ne brûle plus qu'avec sa flamme pâle caractéristique. *A priori*, on ne voit pas qu'il puisse y avoir le moindre doute à cet égard, cependant il suffit d'opérer d'une certaine manière pour reconnaître qu'il n'en est pas ainsi.

» Voici d'ailleurs les conditions dans lesquelles nous nous plaçons pour obtenir la modification de la teinte pâle et peu éclairante de la flamme :

» 1° Nous l'écrasons avec un tube ouvert aux deux bouts ou avec un simple tube à gaz;

» 2° Nous maintenons le tube ouvert incliné au-dessus de la flamme et le soulevons ou l'abaissons à des hauteurs variables jusqu'au moment où elle devient chantante. Dans ce cas, on aperçoit dans le tube intérieur, abducteur du gaz, non seulement un cône lumineux bleu, signalé il y a fort longtemps déjà par Schrötter, mais aussi un mince filet bleu dans la flamme jaune extérieure. Quand on vient à incliner le tube large extérieur, la coloration jaune disparaît et se trouve remplacée par du bleu. La flamme alors cesse de chanter puisque les conditions de vibration de l'air dans l'intérieur du gros tube ne sont plus les mêmes que précédemment;

» 3° Nous faisons passer le gros tube par-dessus le tube à combustion et enflammons le gaz par le haut. La flamme se colore aussitôt en bleu et conserve sa coloration aussi longtemps qu'on ne change pas la position du tube.

» 4° Quand on enflamme le gaz et qu'on recouvre le tube à combustion avec un autre tube ouvert d'un diamètre tel que la flamme ne devienne pas chantante, on remarque, suivant le débit plus ou moins rapide du gaz, des jets de flammes bleues qui montent dans le tube extérieur et disparaissent en arrivant à l'extrémité supérieure;

» 5° En recouvrant lentement la flamme au moyen d'un entonnoir, à la façon d'éteindre une bougie par un éteignoir, la teinte pâle disparaît insensiblement, tandis que la coloration bleue s'accentue de plus en plus et prend son éclat maximum au moment où le bec du tube à combustion s'engage dans l'étranglement. La coloration de la flamme est alors uniformément bleue;

» 6° En écrasant la flamme avec une capsule ou une soucoupe en porcelaine, comme on faisait autrefois pour rechercher les taches arsénicales, on remarque également la coloration bleue manifeste indépendamment d'une auréole jaune pâle. Toutefois, la teinte bleue n'est plus apparente quand on ajoute dans l'appareil une certaine quantité de produit arsénical dont la flamme livide masque complètement le bleu;

» 7° Les résultats sont les mêmes, soit que l'on opère avec le gaz purifié ou avec de l'hydrogène préparé avec du zinc ou de l'acide sulfurique ordinaire.

» La couleur de la flamme obtenue dans ces conditions n'est pas bleu cendré ou bleu pâle, mais bleu violacé d'un éclat très brillant; elle proviendrait, d'après Salet, de la présence du soufre (*Dict. de Wurtz*, II[e] Part., t. II, p. 1625).

» Toutefois, malgré la haute compétence de ce savant qui a consacré une partie de son temps à l'étude spéciale de ce métalloïde, nous ne pouvons lui attribuer cette cause. Il est évident, en effet, qu'on ne saurait la mettre sur le compte de l'hydrogène sulfuré qui, dans les conditions expérimentales citées plus haut de purification du gaz, est resté dissous dans les liquides absorbants. D'ailleurs le bleu de la flamme de l'hydrogène sulfuré est tout à fait différent du bleu violacé de la flamme qui nous occupe; de plus, quand on écrase cette flamme de H^2S, on ne voit pas apparaître de teinte violacée.

» Nous en dirons autant des hydrogènes arsénié et phosphoré, dont le premier brûle avec une flamme livide et le second avec une flamme verte. Quant aux hydrogènes carbonés, de quelque nature qu'ils soient, ils fournissent une lumière plus brillante que celle de l'hydrogène.

» D'un autre côté, on ne peut pas l'attribuer à la nature du verre, car, pour répondre à cette objection, nous avons employé des tubes de toute provenance et sommes arrivés constamment à des résultats identiques.

» Il nous restait donc à chercher si, indépendamment des éléments étrangers contenus ordinairement dans l'hydrogène, il n'en existerait pas un autre non encore signalé.

» A cet effet, nous préparons le gaz avec 2^{kg} de zinc pur attaqué par de l'acide sulfurique pur et le faisons passer à travers les laveurs précédents, suivis d'un autre contenant de l'acide azotique. L'expérience est continuée pendant quinze jours pleins. Au bout de ce temps, l'acide azotique est évaporé. Nous saturons le résidu par du carbonate de potasse pur, calcinons légèrement et reprenons la masse saline par de l'acide chlorhydrique. Nous ajoutons de l'eau et divisons la solution en plusieurs parties. Dans l'une, nous constatons la présence de traces infinitésimales d'acide sulfurique, dans deux autres celle des acides phosphorique et arsénique. La dernière, enfin, est évaporée à siccité, puis additionnée d'acide sulfureux. Il se produit une coloration rouge et, plus tard, un précipité de même couleur qui indique la présence du sélénium. Il suit donc de là que l'hydrogène, préparé dans les conditions susindiquées, contient du sélénium à l'état d'hydrogène sélénié.

» Si, au lieu d'acide azotique et des autres liquides absorbants, on dispose un ou deux flacons contenant de l'eau et qu'on fasse brûler le gaz, on constate la coloration bleu violacé ou bleu indigo de la flamme, parce que l'hydrogène n'est pas pur et qu'il sort de l'appareil mélangé d'hydrogène sélénié.

» Tout le sélénium contenu dans le zinc est-il transformé en hydrure?

» Pour répondre à cette question nous employons la totalité de la masse noire charbonneuse qui provient de l'attaque de 2^{kg} de zinc et, après lavages prolongés, nous la traitons par du nitre en fusion. Le résidu est repris par l'eau. La solution filtrée est évaporée jusqu'à cristallisation. Les eaux-mères sont traitées par un excès d'acide chlorhydrique jusqu'à disparition complète des vapeurs nitreuses et le résidu est traité finalement par de l'acide sulfureux. Aussitôt il se produit un dépôt rouge considérable qui n'est autre chose que du sélénium.

» Cette expérience prouve donc que l'hydrogène sélénié ne se dégage pas en totalité, mais qu'il reste une proportion considérable du métalloïde dans le résidu de la préparation du gaz, très probablement à l'état de séléniure de plomb, puisque c'est ce dernier métal qui constitue la majeure partie du dépôt en question. Le sélénium se précipite d'ailleurs aisément de ses solutions.

» Si l'on fait fonctionner un appareil à hydrogène avec du fer au lieu du zinc et qu'on ajoute du séléniure de fer, tout le gaz sélénié se dégage et l'intérieur des flacons se couvre d'un enduit rouge qui témoigne en faveur de la facile décomposition de l'hydrogène sélénié. Le gaz brûle alors avec une coloration très vive identique à celle que nous constatons dans nos premières expériences.

» En résumé, nous croyons être autorisés à tirer de nos expériences les conclusions suivantes :

» 1° La flamme de l'hydrogène pur ou impur devient subitement bleu violacé quand on l'écrase par un corps froid, verre ou porcelaine, dans diverses conditions expérimentales.

» 2° Cette coloration est due non pas à la présence de l'hydrogène sulfuré, comme l'avait admis Salet, mais à celle de l'hydrogène sélénié. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation de l'acétylène en présence du nickel.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **J.-B. Senderens.**

« 1. Dans un Travail antérieur (1), nous avons trouvé que le nickel récemment réduit de son oxyde réagit à température peu élevée (30° à 45°) sur un mélange de volumes égaux d'éthylène et d'hydrogène : on obtient de l'éthane pur, et une petite quantité du métal suffit pour former une dose indéfinie de carbure.

» Nous avions également observé (2) que le nickel réduit agit au-dessus de 300° sur l'éthylène seul : le métal foisonne beaucoup, en donnant du charbon très léger, et l'on recueille un mélange variable d'éthane, de méthane et d'hydrogène, accompagnés d'une faible proportion de carbures forméniques supérieurs.

» D'autre part, on savait déjà, d'après MM. Moissan et Moureu (3), que l'acétylène réagit dès la température ordinaire sur le nickel, le cobalt et le fer réduits, comme sur le noir de platine : il y a incandescence et le gaz se détruit presque totalement, en charbon noir volumineux, hydrogène et vapeurs condensables riches en benzine, l'acétylène demeurant inaltéré si l'incandescence n'a pas lieu.

» Guidés par les analogies, nous avons pensé que, de même que pour l'éthylène, le nickel pourrait servir à réaliser facilement l'hydrogénation de l'acétylène : en effet, nous avons trouvé que *cette réaction se produit immédiatement à partir des corps froids.*

» 2. Dans un tube placé sur une grille, on dispose une mince traînée d'oxyde de nickel : on réduit vers 300°, puis on laisse refroidir dans l'hydrogène pur et sec.

» L'acétylène produit par un générateur, et convenablement purifié et desséché, peut à volonté, grâce à un dispositif expérimental que nous avons déjà décrit, être recueilli directement sur l'eau où l'on peut l'essayer et mesurer sa vitesse, ou bien être mélangé à l'hydrogène pour agir sur le nickel, quand un essai a montré qu'il est absolument privé d'air (4).

» Si, le nickel étant froid, l'hydrogène étant maintenu à une vitesse invariable et connue, on introduit une très faible proportion d'acétylène, on observe aussitôt que

---

(1) *Comptes rendus,* t. CXXIV, p. 1358; 1897.

(2) *Comptes rendus,* t. CXXIV, p. 616; 1897.

(3) *Comptes rendus,* t. CXXII, p. 1241; 1896.

(4) Les détails des précautions à prendre et des résultats analytiques seront décrits dans un Mémoire plus étendu.

les premières portions du métal s'échauffent notablement : le gaz qui sort ne contient plus d'acétylène et rappelle par son odeur les essences de pétrole.

» Le phénomène est plus marqué, à mesure que la vitesse du courant d'acétylène augmente et s'approche de la moitié de la vitesse de l'hydrogène.

» L'échauffement spontané devient plus intense et se propage dans le tube sur une plus grande longueur du métal, dont la température s'élève à 100° et même 150°. On remarque alors un ralentissement notable dans le courant gazeux qui sort de l'appareil. Des vapeurs légères, formées dans la partie chaude, se condensent partiellement dans les régions demeurées froides, en un liquide incolore qui ne tarde pas à être assez abondant; nous avons pu en condenser un volume assez grand, en dirigeant les gaz dans un tube bien refroidi.

» 3. Citons une expérience faite au début de l'action, le nickel étant encore peu échauffé :

Vitesse de l'hydrogène........	53^{cc}	par minute
Vitesse de l'acétylène.........	18	»
Somme des gaz à l'arrivée.....	71	»
Vitesse du gaz qui sort........	36	»

» Il y avait, dans ce cas, très peu de liquides condensés. Le gaz recueilli contenait quelques traces d'acétylène, quelques centièmes d'éthylène : le reste était presque entièrement constitué par un mélange à parties égales d'hydrogène et d'éthane.

» La réaction dominante était visiblement :

$$\underbrace{6H + C^2H^2}_{\text{Volume 8.}} = \underbrace{C^2H^6 + H^2}_{\text{Volume 4.}}.$$

» Le volume a diminué à peu près exactement de moitié, parce que la contraction moindre de l'éthylène formé était compensée par la présence d'une certaine dose de carbures forméniques condensés.

» La proportion des gaz réagissant étant maintenue identique, on voit, lorsque le métal s'est échauffé davantage, s'accroître la quantité des produits liquides : la vitesse des gaz qui sortent s'abaisse, en conséquence, jusqu'à 25^{cc} par minute, soit à peu près le tiers de ce qui arrive.

» 4. En s'approchant davantage de la proportion exacte de 2 volumes d'hydrogène pour 1 volume d'acétylène, on arrive à ralentir encore plus le courant du gaz formé. Citons une expérience :

Vitesse de l'hydrogène.........	48^{cc}	par minute
Vitesse de l'acétylène...........	25	»
Somme des gaz à l'arrivée......	73	»
Vitesse du gaz qui sort.........	18	»

» Le volume des gaz se trouve réduit au *quart*.

» Le gaz recueilli contenait pour 100 volumes :

Acétylène	5,3
Éthylène	15,0
Éthane (¹)	79,1

» La réaction $C^2H^2 + H^4 = C^2H^6$ conduirait à une diminution au *tiers*, et cette diminution devait être en réalité moindre, vu la présence d'acétylène et d'éthylène. Elle est en réalité amenée jusqu'au *quart*, à cause de la proportion considérable de matières condensées sous forme liquide.

» 5. Le nickel ne paraît pas modifié par la réaction et peut servir très longtemps à la continuer. Pourtant son poids augmente un peu, par fixation d'une certaine dose de carbone. Dans un de nos essais, un atome de nickel avait fixé un tiers d'atome de carbone : les acides dilués dégageaient de l'hydrogène chargé de carbures fétides, et les deux tiers du carbone se séparaient à l'état de flocons noirs légers.

» 6. Si l'on accroît davantage la proportion d'acétylène, le métal s'échauffe de plus en plus, et l'on voit apparaître des vapeurs plus épaisses contenant une dose notable de carbures aromatiques. La proportion d'acétylène libre et surtout des carbures éthyléniques augmente beaucoup. Voici l'analyse d'un gaz obtenu dans ces conditions :

Acétylène	23
Éthylène	18,3
Éthane	61
Hydrogène	2,5

» Ces effets s'exagèrent quand le volume d'acétylène devient égal ou supérieur à celui de l'hydrogène : la chaleur dégagée s'accroît encore, et l'on arrive au foisonnement et à l'incandescence observés par MM. Moissan et Moureu avec l'acétylène seul. Le gaz obtenu dans ces conditions contient, à côté de l'acétylène, beaucoup d'éthylène, des carbures forméniques et de l'hydrogène.

» 7. Ainsi qu'on l'a vu plus haut, la réaction normale du nickel sur l'acétylène mélangé d'un excès d'hydrogène, fournit des gaz forméniques, avec une faible proportion de carbures éthyléniques.

» Les liquides condensés ont une constitution semblable. Ce liquide, incolore, distille presque tout entier au-dessous de 140°. Son odeur rappelle celle du pétrole. Comme dans ce dernier, on trouve des carbures éthyléniques immédiatement solubles dans l'acide sulfurique, et aussi un peu de produits aromatiques (benzine) attaquables par l'acide nitrique fumant; mais la majeure partie est formée de carbures forméniques qui résistent au contact prolongé à froid de l'acide sulfurique fumant.

(¹) La majeure partie des gaz forméniques est effectivement de l'éthane; mais il y a aussi des carbures supérieurs, compensés par la présence corrélative d'hydrogène, ou de formène.

» Cette composition, que nous nous efforcerons de préciser quand nous aurons pu recueillir un volume suffisant de produits liquides, est fort analogue à celle de certains *pétroles naturels,* et cette analogie nous permet de penser que la formation de ces derniers a pu, dans une certaine mesure, résulter de réactions semblables à celles que nous venons de décrire. Nous sommes d'autant plus portés à le croire, que nous avons obtenu, non plus à froid, mais à des températures peu élevées, *des réactions semblables effectuées par le fer, le cobalt et aussi le cuivre réduits.*

» Nous nous proposons d'en faire l'objet de Communications prochaines. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les dextrines de saccharification.* Note de M. **P. Petit** [1].

« Dans une Communication antérieure, j'ai indiqué la préparation d'une dextrine résultant de l'action de l'amylase, à 70° et à la dose de 1 pour 100, sur l'empois de fécule. La saccharification dans ces conditions est difficilement complète, et les constantes du produit diffèrent un peu suivant l'énergie de l'amylase employée.

» Avec une diastase très active, qui m'a été gracieusement offerte par MM. Chassaing et Cie, j'ai obtenu, après épuisement à l'alcool absolu, une dextrine donnant :

$$\alpha_D = 166,5; \quad R = 17,95; \quad M = 501.$$

» Cette dextrine, soumise à l'action d'une nouvelle dose de diastase à 50-55 pendant une heure, a fourni une certaine quantité de maltose, et par l'alcool on a pu récupérer une dextrine donnant :

$$\alpha_D = 166,7; \quad R = 17,90; \quad M = 480.$$

» Enfin, une troisième action de la diastase à 50-55 a créé encore du maltose, en laissant une dextrine :

$$\alpha_D = 166,6; \quad R = 18,07; \quad M = 475,$$

c'est-à-dire identique à la précédente; par conséquent, l'action de la diastase sur cette dextrine consiste dans la transformation pure et simple d'une partie de la dextrine en maltose, le reste demeurant inaltéré. Je pense pouvoir prochainement préciser les limites de cette action.

» Il semble, d'après ce qui précède, que nous ayons produit un com-

[1] Travail fait à l'École de Brasserie de l'Université de Nancy.

posé défini répondant à la formule $(C^6H^{10}O^5)^3$, déduite du poids moléculaire. Une nouvelle preuve à l'appui de cette hypothèse est la formation d'un composé barytique.

» En effet, en ajoutant à une solution de la dextrine $(C^6H^{10}O^5)^3$ de l'alcool jusqu'à commencement de précipitation, puis de l'eau de baryte, on obtient une matière blanche qui, séchée dans le vide et ensuite à 100°, à l'abri de l'acide carbonique, contient 21,7 pour 100 de baryum, alors que la combinaison $(C^6H^{10}O^5)^2C^6H^8BaO^5$ exigerait 22,06 pour 100. Ce composé, mis en suspension dans l'eau et décomposé par une quantité calculée de SO^4H^2, donne, après élimination complète de la baryte, un liquide d'où l'on peut précipiter, au moyen de l'alcool, une dextrine ayant identiquement les mêmes constantes que la dextrine d'où l'on est parti.

» Nous pouvons donc admettre que, dans la saccharification de l'amidon par l'analyse à 70°, il se forme une dextrine définie $(C^6H^{10}O^5)^3$ ayant un pouvoir réducteur de 18 pour 100 en maltose et capable de fournir un composé barytique également défini.

» En appliquant la même méthode à divers moûts, j'ai obtenu des composés barytiques répondant à des dextrines de poids moléculaires différents, exprimés par les formules $(C^6H^{10}O^5)^2$, $(C^6H^{10}O^5)^4$ et $(C^6H^{10}O^5)^5$.

» L'amylase du malt n'est pas la seule diastase capable de saccharifier partiellement les dextrines.

» Si, en effet, on ensemence une solution de dextrine $(C^6H^{10}O^5)^3$ avec du *penicilium glaucum* ou de l'*aspergillus niger*, on constate que le pouvoir réducteur en maltose s'élève de 18 pour 100 à 29,7 pour 100 au bout de huit jours, et à 46,5 pour 100 au bout de 18 jours; il se forme en même temps du glucose, et l'on peut extraire une certaine dose de dextrine inaltérée.

» Une action analogue a lieu pour la levure. Si, en effet, à de la levure pressée on ajoute une solution de sel ordinaire à 3 pour 100 et un peu de toluène, on obtient, après vingt-quatre à trente-six heures de contact, un liquide jaune, généralement dénué de pouvoir réducteur direct. A une solution de dextrine $(C^6H^{10}O^5)^3$ on ajoute des quantités croissantes de ce liquide avec un peu de toluène, et on laisse en contact trente-six heures. On observe un accroissement sensible de pouvoir réducteur : celui-ci, de 18 pour 100, passe à 19,8; 22,6; 29,9 et 30,6, suivant les quantités de suc de levure employées.

» Dans les mêmes conditions, un moût de brasserie subit une augmentation notable de son sucre réducteur, qui de 8,928 passe à 9,600 par 100^{cc}, tandis que la dextrine éprouve une diminution sensiblement égale. L'intensité de l'action saccharifiante varie suivant la levure employée et la durée de contact.

» Cette propriété d'un liquide provenant de la levure par simple exosmose et sans déchirure des cellules est de nature à expliquer les phéno-

mènes de fermentation secondaire des bières; je continue l'étude de cette action. »

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Procédé pour la mesure rapide de la dimension de petits objets, indépendamment de leur distance. Application à la pupillométrie et à la laryngométrie. Illusion due au sens musculaire, dans l'appréciation de la grandeur des objets.* Note de M. **Th. Guilloz**, présentée par M. d'Arsonval.

« Il semble *a priori* que la grandeur d'un objet inaccessible ne peut être déterminée sans que, implicitement ou explicitement, figure dans la détermination la distance au point d'où l'objet est visé. On peut cependant rendre cette détermination indépendante de la distance, par un artifice d'optique des plus simples.

» Un très petit trou percé dans un œilleton occupe le foyer d'une lentille qui, du côté opposé à l'œilleton, est limitée par un diaphragme dont on peut faire varier l'ouverture, et qui sera, par exemple, un diaphragme iris. On sait que, en regardant par un petit trou sténopéique, on n'a pas besoin, pour voir nettement des objets, d'être adapté pour leur distance, du moins dans de grandes limites. On aura donc, en regardant par le sténopé, la vision nette des bords du diaphragme et des objets situés au delà, sans que cependant cette distance puisse devenir infinie, car le sténopé ne saurait être un point géométrique, pas plus, du reste, que le foyer d'une lentille. Le champ d'observation sera limité, de l'autre côté de la lentille, par un cylindre ayant pour base l'ouverture du diaphragme. Un objet sera donc encadré, quelle que soit sa distance, par la même ouverture du diaphragme iris, et cette ouverture en sera la mesure.

» La construction de l'instrument est des plus simples, car l'échelle graduée ou le diaphragme peuvent être placés à une distance quelconque de la lentille. Le sténopé se règle au foyer principal en cherchant la position pour laquelle le champ, mesuré par sa dimension sur un écran que l'on déplace en avant de la lentille, devient indépendant de la position de l'écran (¹).

» On sait qu'il n'existe pas de bons pupillomètres et que la plupart ne

---

(¹) V.-Th. Guilloz, *Nouveau focomètre* (*Association française pour l'avancement des Sciences;* Bordeaux, 1895).

sont même pas fondés sur des principes exacts. Le procédé indiqué s'applique très bien à la pupillométrie en prenant une lentille de 20 D., ce qui ne donne guère à l'instrument qu'une longueur de 6^{cm} à 7^{cm}. La difficulté résultant de ce que les bords de l'iris sont assez confus du moment où l'ouverture du diaphragme iris devient égale à la pupille demande l'emploi d'un diaphragme dit *œil de chat*, ou encore d'une graduation linéaire sur verre, ou d'une graduation formée de cercles concentriques. La détermination est indépendante de la distance et, pratiquement, l'instrument peut être éloigné d'une distance très rapprochée, à 10^{cm} ou 12^{cm} et même plus. Il a été vérifié que, en plaçant le sujet en face d'une fenêtre et lui faisant tourner l'œil en dehors, l'approche de l'instrument à quelques centimètres de l'œil ne faisait pas varier la grandeur de la pupille. On observe ainsi la pupille comme si elle se trouvait à la distance de 5^{cm}. La pupille apparaît donc grossie, et la mesure peut être faite avec précision, la graduation pouvant se lire en $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{10}$ de millimètre.

» Quand les petits objets à mesurer sont à une distance supérieure à 10^{cm}, il convient d'adjoindre derrière le sténopé une lentille divergente très forte 40 D., ou de construire l'instrument avec une lentille convexe plus faible. On peut encore, en allongeant l'instrument, placer une lentille convexe entre l'observateur et le sténopé de façon que l'image agrandie du sténopé emplisse la pupille de l'observateur. Le champ ne sera plus limité par les bords du sténopé et présentera seulement à l'observateur l'image de la graduation et celles d'objets même éloignés.

» Les laryngologistes n'ont pas de méthode pratique pour les mensurations du larynx. Une réflexion sur un miroir plan ne changeant rien à la grandeur de l'image, l'instrument se transforme facilement en laryngomètre, la partie antérieure de l'appareil portant sur le côté une petite lampe pour l'éclairage.

» Il suffit d'assurer la verticalité de l'échelle divisée, pour relever, sans mise au point, la distance verticale de deux points situés à des distances différentes.

» Enfin, la mesure de la grandeur des images virtuelles permet la détermination commode de la courbure des miroirs convexes, ainsi que celles d'une surface astigmate, par des dispositions pratiques qu'il est facile de réaliser.

» Le mensurateur précédemment décrit permet encore de montrer, sous une forme saisissante, l'influence de l'appréciation préalable de la distance d'un objet sur l'appréciation de sa grandeur réelle. Si à travers le

sténopé on regarde, par exemple, des caractères d'imprimerie, en les tenant très rapprochés de l'instrument, et qu'on les éloigne ou qu'on s'en éloigne, ces caractères semblent grossir. Ils semblent grossir, parce que leur image rétinienne ne diminue pas avec l'éloignement. Il y a bien là une illusion du sens musculaire, car si le déplacement est effectué par une main étrangère on n'a plus de variation dans l'appréciation de la grandeur. »

PHYSIOLOGIE. — *Physiologie pathologique de la grossesse.* Note de MM. **Charrin** et **Guillemonat** [1], présentée par M. Ch. Bouchard.

« La grossesse provoque dans l'organisme des modifications de divers ordres; toutefois, en dehors de quelques notions relatives à la composition des urines, à l'oxygène consommé, à l'acide carbonique exhalé, les données enregistrées relèvent en grande partie purement de l'observation clinique (troubles des appareils nerveux, digestif, etc.). — L'expérimentation nous a paru capable d'éclairer cette question, de fournir des résultats précis.

» Pour obtenir ces résultats, nous avons opéré sur huit séries comprenant chacune, d'un côté, des cobayes pleines plus ou moins avancées ; de l'autre, des cobayes non pleines, en nombre égal, sensiblement de même poids. Nous les avons soumises à une alimentation absolument identique, consistant en 5^{cc} d'une solution aqueuse minéralisée (sulfate de soude, 45^{gr}; phosphate de soude, 12,50; phosphate neutre de potasse, 12,50; chlorure de sodium, 10; eau, 1000) injectés quotidiennement sous la peau.

» En raison de l'insuffisance de cette alimentation, les unes et les autres ont naturellement maigri; mais la marche de ces amaigrissements n'a pas été absolument semblable dans les deux groupes.

» Si, rapportant tous ces résultats au kilogramme, on additionne les nombres qui, pour une catégorie d'une série déterminée, représentent journée par journée les diminutions de chaque cobaye, si l'on divise cette somme multipliée par 1000 par le total des poids de ces mêmes animaux pris au début de l'expérience, on obtient, *pour les femelles gravides,* 43^{gr}, 45^{gr}, 39^{gr}, 22^{gr}, tandis que, *pour celles qui ne l'étaient pas,* ces chiffres atteignent 96, 54, 40, 22. — Une seconde série donne, *pour les pleines,* 138; 58; 50; 36; *pour les non pleines,* 192; 64; 50; 29.

---

(1) Travail du Laboratoire de Médecine expérimentale : Hautes Études.

» Ce nombre 29 indique que parfois il y a inversion, c'est-à-dire que les cobayes grosses ont maigri plus rapidement, alors qu'en général elles perdent, tout au moins durant les trois ou quatre premiers jours [1], une plus faible proportion de leurs poids. — En réalité, en examinant les faits dans ces huit séries, on trouve que, quatre fois seulement, les femelles gravides ont présenté un amaigrissement plus prononcé; en revanche, dix-huit fois leurs amaigrissements ont paru plus lents.

» Les mesures des volumes urinaires des vingt-quatre heures fournissent, chez des *cobayes pleines*, 38^{cc}, 48^{cc}, 32^{cc}, soit, par kilogramme, 22^{cc}, 28^{cc}, 27^{cc}. — Prises aux mêmes moments, du 18 au 19 mars 1899, du 19 au 20, du 20 au 21, ces mesures, *pour les non pleines*, atteignent 82^{cc}, 67^{cc}, 38^{cc}, soit, pour 1000, 72^{cc}, 58^{cc}, 33^{cc}.

» Dans une autre série, du 13 au 15 mars, on trouve, *pour deux femelles grosses*, 56, 15, *pour les deux normales*, 72, 22, autrement dit, pour 1000, d'une part, 26 et 7; d'autre part, 33 et 20.

» Du 14 au 15 de ce mois de mars, un groupe de *cobayes gravides* livre 1,14 d'urée; celui des *cobayes non gravides* émet 1,72. — Du 20 au 21, ces proportions d'urée atteignent, du côté de *trois femelles en état de grossesse*, pour 1000, 0,53; elles s'élèvent à 1,06 pour les *trois autres*.

» En somme, l'analyse a montré que l'urine des cobayes non pleines, dans la plupart de nos essais, était plus abondante que celle des pleines; trois fois seulement la règle a été en défaut [2]. — Pour l'urée, on a enregistré des résultats d'ensemble identiques.

» Tout en offrant plus de variations, la toxicité de ces urines paraît légèrement diminuée dans le cas de grossesse.

» Il en est de même des températures rectales; c'est ainsi que le thermomètre a mesuré, chez *trois femelles normales*, $37°,9$; $37°$; $37°,6$; par contre, *chez les trois gravides de cette série*, il n'a pas dépassé $37°,65$; $37°$; $37°,45$; la différence marque $0°,15$; parfois, en prenant la moyenne de ces différences enregistrées dans plusieurs cas, on atteint près de $0°,50$ à $0°,84$.

» En dehors des modifications nutritives, sécrétoires, on observe des changements anatomiques. — La somme des poids des rates de 23 animaux, divisée par ce nombre 23, fournit, s'il y a grossesse, $0^{gr},71$, et $0^{gr},39$ dans l'hypothèse opposée. — Cepen-

---

(1) Vers le quatrième ou sixième jour, souvent les différences s'égalisent ou même les rapports se renversent.

(2) Pour expliquer en partie ces exceptions, il faut, sans doute, compter avec les différences de réactions individuelles, avec l'état de santé ou de maladie des animaux en expérience, etc.

dant, à mesure que le fœtus se développe, le fer de ce tissu splénique diminue : pour 1000 on décèle 1,01, au lieu de 1,42 : peut-être ces changements subissent-ils l'influence du nombre des rejetons.

» Assez souvent, comme nous l'avons vu avec Levaditi, dans ces viscères dont le poids augmente, les follicules s'hypertrophient, les lacs sanguins sont plus étendus. — Habituellement la coloration du tissu est plus rosée.

» Le fer du foie varie peu; les cellules hépatiques subissent néanmoins, dans plus d'un cas de grossesse, des altérations dégénératives. — Quant au glycogène, sa quantité éprouve de telles fluctuations, que, malgré 7 dosages, il est encore impossible de formuler une conclusion, d'autant plus que la nourriture absorbée avant l'usage de l'eau minéralisée exerce sa part d'influence.

» Il va de soi que les perturbations provoquées par la grossesse ne se bornent pas aux faits à l'instant signalés; il serait aisé d'ajouter quelques nouvelles notions en étudiant soit l'hémoglobine, ses qualités, sa quantité, soit le système osseux, sa moelle, sa minéralisation, etc.

» Déjà, avec Brocard, chez la femme, au septième ou au neuvième mois, nous avons vu s'abaisser le taux de consommation du glycose, quelquefois de la graisse, abaissement qui, toutes choses égales d'ailleurs, conduit à l'hyperglycémie ou à l'obésité.

» Quoi qu'il en soit, les données acquises permettent de reconnaître que, dans la majorité des cas, dans les conditions où nous nous sommes placés, les cobayes pleines maigrissent moins vite, fabriquent moins d'urine, moins d'urée, moins de calorique; elles sont moins riches en fer; elles offrent des altérations de structure.

» En définitive, en présence de ce ralentissement manifeste de la nutrition, en face de ces modifications statiques, anatomiques, devant ces anomalies chimiques, humorales, on comprend pourquoi si souvent l'histoire pathologique de la femme remonte à une grossesse; il est d'autant plus facile de saisir la portée de ces tares, au point de vue de la genèse des maladies, que la déminéralisation, l'hyperglycémie, l'hypothermie, les lésions viscérales, que tous ces processus mis en lumière chez les femelles grosses font sans conteste fléchir la résistance de l'économie à l'égard des principes morbifiques. ».

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *De l'influence de la congélation sur le développement de l'œuf de poule* (1). Note de M. **Étienne Rabaud.** (Extrait.)

« Mon vénéré maître Camille Dareste a continué, jusqu'à son dernier jour, la série des recherches entreprises par lui il y a quarante ans. Au cours de ces deux dernières années, il s'était particulièrement occupé d'étudier l'influence de la congélation sur le développement de l'œuf de poule. La mort ne lui a point permis de faire état des premières données de ces expériences; je crois remplir un pieux devoir envers lui, en relatant ici les résultats des recherches auxquelles il avait bien voulu m'associer en qualité de préparateur.

» Les trente expériences instituées pour étudier l'influence de la congélation sur le développement ont porté chacune sur une série de vingt-quatre œufs de poule, fraîchement pondus; ils n'étaient utilisés que le troisième jour après leur entrée au laboratoire, et cela afin d'annihiler l'effet des secousses auxquelles le voyage avait pu les soumettre. Six d'entre eux, destinés à servir de témoins, ne subissaient aucune manipulation préalable. Les dix-huit autres étaient placés dans un vaste récipient, et soigneusement enveloppés d'un mélange de glace et de sel marin. La température était de — 18°. Les œufs séjournaient une demi-heure dans le mélange; au bout de ce laps de temps, la coque de la plupart d'entre eux était fendue (2).

» A partir de ce moment, les expériences étaient conduites suivant trois modes.

» A. Au sortir du mélange réfrigérant, les œufs étaient *immédiatement* portés dans une étuve Roux, chauffée à 38°, en même temps que les œufs témoins. Les uns et les autres étaient ouverts après trois jours d'incubation. D'une façon générale, les œufs congelés se développaient. Un tiers d'entre eux en moyenne présentaient des embryons vivants, mais gravement déformés, ou bien des embryons morts tout au début du développement (ligne primitive, début de la gouttière médullaire). Tous les autres donnaient des *blastodermes très étendus sur le jaune, mais sans la moindre trace de formation embryonnaire, ni même de vaisseaux*, c'est-à-dire de nombreux exemples de ces productions que Dareste a rapprochées des Anidiens.

» De temps à autre, mais non pas dans toutes les séries de 24 œufs, il se trouvait un embryon normal.

(1) Travail du laboratoire de Tératologie de l'École des Hautes Études.

(2) L'expérience a prouvé que cette fente ne modifiait en rien les résultats obtenus. Du reste, l'œuf une fois dégelé, la coaptation des bords de la fente était parfaite; jamais il n'y avait de bulles d'air dans le blanc, phénomène observé dans d'autres circonstances.

» B. Nous souvenant que le dégel trop rapide est capable de détruire le protoplasma, il y avait lieu de se demander si un dégel lent, à la température ordinaire, avant la mise en incubation, ne donnerait pas de meilleurs résultats. Aussi, dans une sconede série d'expériences, le lot d'œufs congelés était-il divisé en deux parties : la première était soumise à l'incubation aussitôt après l'action du mélange réfrigérant ; la seconde était placée au frais, pour être mise en incubation le lendemain seulement.

» Les résultats n'ont pas été différents ; les embryons normaux n'ont pas été plus nombreux dans les seconds lots que dans les premiers ; la grande majorité des œufs donnait des blastodermes sans embryons.

» C. En troisième lieu, faisant un rapprochement *a priori* entre le traumatisme produit par le tapotage, dont l'effet tératogène disparaît si l'on fait reposer les œufs deux ou trois jours avant la mise en incubation, et le trausmatisme produit par l'effet des basses températures, les œufs congelés mis au frais ne furent placés dans l'étuve que trois jours après la congélation.

» Ce mode opératoire ne produisit aucune modification notable dans l'ensemble des résultats obtenus. La majeure partie des œufs présentait des blastodermes sans embryons.

» De ces expériences ressortent les conclusions suivantes :

» 1° Les œufs de poule peuvent supporter, sans être tués, une température au moins égale à —15° C. ;

» 2° La congélation produit une perturbation *profonde,* puisque le développement, dans la plupart des cas, semble n'être plus qu'une prolifération cellulaire sans différenciation marquée ;

» 3° La perturbation produite est *durable,* puisque le dégel lent ou le repos ne rendent pas aux germes leur évolution normale.

» 4° L'individualité du germe se révèle encore dans ces expériences, puisque quelques-uns des œufs soumis à la congélation peuvent encore former un embryon, affecté d'anomalies diverses, voire même normal.

» Il y a lieu de penser que les modifications subies par le germe sont d'ordre chimique. S'il s'agissait, en effet, d'un phénomène purement physique, ces modifications cesseraient d'exister, en même temps que la cause efficiente cesserait d'agir, ou tout au moins l'équilibre moléculaire normal ne tarderait pas à se rétablir. Les choses se passent ainsi pour les œufs soumis à des trépidations prolongées [1]. Si de tels œufs sont mis en incubation aussitôt après l'action tératogène, ils produisent des embryons mal formés. Si, au contraire, les œufs secoués subissent un repos de deux ou trois jours

---

[1] Camille Dareste, *Sur la production de monstruosités par les secousses imprimées aux œufs de poule* (*Comptes rendus,* XCVI, 1883, et CI, 1885).

avant la mise en étuve, ils se développent normalement. Les secousses produisent donc des modifications passagères, facilement réparables.

» Or, après congélation, quel que soit le moment où les œufs sont soumis à la température de 38°, que le dégel ait été rapide ou progressif, qu'il y ait eu ou non repos, les résultats restent très sensiblement les mêmes. Nous devons donc admettre que les divers plasmas cellulaires ont vis-à-vis du froid une inégale sensibilité. Les uns sont détruits ou, dans tous les cas, modifiés dans leur constitution chimique; les autres ne subissent aucun dommage. Le nombre des plasmas ainsi modifiés doit être considérable, puisque, le plus souvent, il se développe seulement un blastoderme qui persiste et s'étend plusieurs jours sans marquer aucune tendance à former un embryon, c'est-à-dire à se différencier. L'impuissance à la différenciation est le phénomène le plus remarquable; elle semble bien indiquer l'absence des éléments nécessaires à la production des formes histologiques.

» Remarquons enfin que la résistance au froid des divers plasmas paraît être, dans une certaine mesure, un phénomène individuel. A ce point de vue, la congélation n'est pas un agent tératogène spécifique. Il est cependant probable que, si la température était suffisamment abaissée, il n'y aurait plus que des blastodermes sans embryons et des germes détruits; c'est-à-dire que la spécificité de l'agent commence au moment où, un nombre suffisant de plasmas ayant disparu, quels que soient ces plasmas, toute différenciation devient impossible. Mais, avant que cette limite extrême soit atteinte, les effets des basses températures sur le développement sont aussi variables dans la forme que ceux de tous les autres agents tératogènes. »

ZOOLOGIE. — *Quelques mots sur l'*Hæmenteria (*Clepsine*) costata *de Müller.* Note de M. **A. Kowalevsky.**

« H. Bolsius, dans un article publié dans *La Cellule* [1], décrit une glande impaire chez l'*Hæmenteria officinalis*. Occupé durant les dernières années de l'étude de la *Clepsine costata*, qui, d'après Leuckart et de Filippi, appartient au genre *Hæmenteria*, opinion que j'accepte complètement, j'ai

(1) H. Bolsius, *La glande impaire de l'*Hæmenteria officinalis (*La Cellule*, t. XII, p. 101; 1897).

trouvé facilement l'organe que H. Bolsius décrit sous le nom de *glande impaire*, mais je me suis convaincu que l'organe en question n'est pas une glande : dans mon opinion, on doit le considérer comme le *cœur* de l'*Hæmenteria*. En effet, dès que le vaisseau dorsal de l'*Hæmenteria costata* de Müller passe dans la région clitellienne, il apparaît libre de la lacune dorsale qui l'entourait si intimement dans la région thoracique (postérieure) et ses parois s'épaississent. Il se transforme en un organe éminemment musculaire, à peu près de la forme sous laquelle le représente H. Bolsius sur la *fig.* 1 de son Mémoire, seulement un peu plus allongé ; c'est une partie du vaisseau dorsal correspondant à un somite du corps, avec des parois plus épaisses; à l'intérieur, on trouve une valvule correspondant aux valvules du vaisseau dorsal des Clepsines, qui délimite la cavité du cœur, du lumen de la partie postérieure du vaisseau dorsal.

» En avant, le cœur se prolonge en un vaisseau (conduit de la glande impaire de H. Bolsius) qui longe la trompe et se divise en deux sous les yeux, comme le dit tout à fait exactement Bolsius. Pourtant, avant d'arriver à cette bifurcation, à la hauteur du troisième ganglion de la chaîne nerveuse ventrale, ce vaisseau donne encore deux branches latérales, et, à l'endroit où ces branches se séparent du tronc commun, se trouve une petite glande lymphatique qui remplit presque complètement le lumen (la cavité) du vaisseau dorsal, ici un peu élargi. Cette glande correspond morphologiquement aux valvules du vaisseau dorsal; seulement, au lieu d'être pédonculée, comme dans la partie postérieure, elle est ici répandue sur les parois internes du vaisseau, les tapissant pour ainsi dire, et le sang passe dans de petits canaux entre les cellules de cette glande qui a une structure spongieuse.

» Dans son dernier article [1] sur le même sujet, Bolsius indique que les caractères les plus remarquables de la structure des cellules de la glande impaire consistent dans la netteté et la richesse du système circulatoire de la trame cytoplasmique. Ce système circulatoire consiste, d'après nous, en fibrilles musculaires qui composent la masse principale de cet organe. Les figures des coupes que reproduit H. Bolsius dans ses articles, correspondent de telle manière avec mes préparations, qu'il ne me reste pas le moindre doute sur l'identité de l'organe dont nous parlons : cet organe est indubitablement une partie élargie et éminemment musculaire de la région clitel-

---

[1] H. Bolsius, *Sur la structure du protoplasma dans les cellules épithéliales* (*Zoolog. Anzeig.*, Bd. XXII, 1899, p. 143, n° 583).

lienne du vaisseau dorsal. Je possède des photographies et des dessins de mes préparations, qui démontrent la continuité absolue de cet organe avec le vaisseau dorsal dans sa partie antérieure et dans sa partie postérieure. On peut discuter la question de savoir si l'on a le droit d'appliquer à cet organe la dénomination de *cœur;* mais, que ce soit une partie intégrante du vaisseau dorsal en général, cela ne fait pas le moindre doute.

» Puisque j'ai l'occasion de parler de l'*Hœmenteria costata,* je voudrais, avant d'attendre la publication de ma monographie générale sur cette espèce, mentionner ici le mode de copulation de cette Hirudinée. Chez les *Hœmenteria costata* que j'ai gardés en captivité, les organes génitaux mâles et femelles atteignirent leur maturité à des époques différentes. Au commencement, c'étaient les testicules qui se développaient, ensuite leurs conduits excréteurs se remplissaient de sperme, qui se condensait dans la glande à spermatophore. Ici les paquets de sperme étaient entourés par les parois des spermatophores et alors arrivait la période de la copulation.

» Cet acte consistait dans l'échange des spermatophores entre les deux individus en copulation : il se passait seulement entre les organes mâles. Les individus qui copulaient collaient leurs spermatophores aux orifices génitaux mâles. Les orifices des organes génitaux femelles ne prenaient aucune part à cet acte, ce qui était d'autant plus naturel, que les ovaires et leur conduit, au moment de la copulation, étaient encore dans un état complètement rudimentaire; les *Hœmenteria*, comme les autres *Clepsines* et aussi les *Néphélides,* ne possèdent pas de *receptaculum seminis*.

» La copulation se répéta, d'après mes observations, jusqu'à six fois pendant sept jours : c'est seulement quand cette période fut terminée que commença le développement des ovaires, qui dura jusqu'à la maturité des œufs et la ponte. Le fait que les spermatophores pendant la copulation s'accolent, au moins chez certaines Hirudinées, aux orifices mâles, a été déjà observé par Iijima [1] en 1882 chez les *Nephlis;* seulement cet auteur ne l'a observé qu'une seule fois et il désigne cet acte sous le nom d'*abnormal copulation*.

» J'ai passé dernièrement en revue la littérature relative à ce sujet; les indications que j'ai trouvées, sur les détails de l'acte de la copulation chez les Hirudinées, sont si superficiels, que les faits positivement observés par

(1) Iijima Isario, *Origin and growth of the Eggs and Eggs-strings in Nephelis* (*Quarterly Journal of microscop. scie.,* n. s. Vol. XXII, p. 196-197; 1882).

Iijima chez les *Nephelis,* et par moi chez les *Hæmenteria costata,* peuvent faire pressentir que ce mode de copulation est très répandu chez les Hirudinées. Dernièrement, j'ai eu l'occasion d'observer le même acte chez une paire de *Piscicola*, parasites de *Lota vulgaris,* et j'ai cru voir qu'à l'acte de la copulation prenaient part seulement les organes mâles. ».

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'existence d'une faune d'animaux arctiques dans la Charente à l'époque quaternaire.* Note de MM. **Marcellin Boule** et **Gustave Chauvet**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Les gisements d'animaux fossiles de l'époque quaternaire sont très nombreux en France; celui sur lequel nous avons l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie offre, entre autres particularités, celle de présenter une association vraiment curieuse de tout jeunes individus, appartenant à diverses espèces indiquant un climat boréal.

» Il y a environ vingt-cinq ans, le propriétaire d'un champ situé au lieu dit Champs-Gaillards, commune de Châteauneuf-sur-Charente (Charente), ouvrant une carrière dans du calcaire crétacé, rencontra une crevasse remplie de terre mélangée d'ossements. Une partie de cette terre fut répandue dans les champs voisins, l'autre partie fut jetée dans une crevasse inférieure où, récemment, l'un de nous, sur les indications de M. René Marchadier, a pu recueillir de nombreux ossements. Ces débris ont été étudiés au laboratoire de Paléontologie du Muséum. Ils se rapportent aux espèces suivantes:

» Mammifères. — *Arctomys marmotta* L. (Marmotte). — Nombreux ossements de toutes les parties du squelette; plusieurs crânes ou portions de crânes; 50 mandibules environ, dont plusieurs ayant appartenu à de jeunes animaux. Ces ossements dénotent des individus plus grands et plus robustes que la Marmotte des Alpes actuelles. Il est possible qu'ils se rapportent à la Marmotte bobac et non à la Marmotte des Alpes.

» *Spermophilus rufescens* Keys. et Blas. (Spermophile). — Représenté seulement par trois mandibules.

» *Lepus variabilis* Pallas (Lièvre changeant ou Lièvre des neiges). — Mandibules et os des membres.

» *Arvicola amphibius* Pallas (Campagnol rat d'eau). — Un crâne.

» *Arvicola arvalis* Pallas (Campagnol des champs). — Plusieurs mandibules.

» *Arvicola ratticeps* Keys. et Blas. (Campagnol du nord). — Une mandibule montrant nettement la structure caractéristique de la première molaire inférieure.

» *Canis vulpes* L. (Renard commun). — Mâchoires et os des membres d'indi-

vidus adultes. Dix-neuf mandibules avec dentition de lait représentant au moins dix jeunes individus.

» *Canis lagopus* L. (Renard arctique). — Un crâne bien conservé, une portion de crâne, une mandibule et plusieurs os longs. Le crâne complet est celui d'un individu adulte, mais encore jeune, d'une taille légèrement supérieure à celle des *Canis lagopus* actuels.

» *Canis lupus* L. (Loup). — Un fragment de mâchoire supérieure avec dentition de lait.

» *Hyæna crocuta* L., var. *spelæa* (Hyène des cavernes). — Nombreux ossements se rapportant tous à des individus très jeunes qui n'ont pas encore leur dentition définitive.

» *Mustela putorius* L. (Putois). — Deux crânes d'une taille notablement supérieure à celle des Putois actuels.

» *Felis leo* L., var. *spelæa* (Lion des cavernes). — Un fragment de mâchoire supérieure avec dentition de lait incomplète, une mandibule et un humérus paraissant se rapporter au même individu.

» *Equus caballus* L. (Cheval). — Une molaire inférieure d'un jeune individu.

» *Bovidé* de grande taille, probablement *Bison priscus* Boj. Deux cubo-scaphoïdes et une molaire supérieure.

» *Cervus tarandus* L. (Renne). — Un astragale et un fragment de bois peu déterminable.

» Oiseau. — Deux tarso-métatarsiens que M. A. Milne-Edwards a bien voulu étudier et qu'il a rapportés à *Casarca rutila* Pall., Canard habitant les contrées orientales de l'Europe.

» Amphibiens. — *Rana* (Grenouille) et *Bufo* (Crapaud). — Os longs.

» Cette découverte nous paraît intéressante, d'abord parce qu'elle nous montre que, pendant les périodes froides de l'époque quaternaire, la faune d'animaux arctiques, habitant aujourd'hui les toundras et les steppes du nord de l'Europe, s'est avancée jusque dans la France centrale où elle a été représentée par plusieurs espèces caractéristiques. Cette constatation n'est pas absolument nouvelle. Sans parler du Renne, que l'on trouve abondamment jusque dans les Pyrénées, M. Albert Gaudry a démontré que l'Antilope Saïga est assez répandue dans nos gisements; M. Harlé a trouvé le Spermophile dans la Charente, la Dordogne et la Gironde; enfin l'un de nous a signalé récemment la présence du Glouton à l'état fossile, dans une caverne de l'Ariège; mais le gisement de Châteauneuf nous paraît être le plus complet qui ait été décrit jusqu'à présent, c'est-à-dire celui qui a montré l'association la plus nombreuse d'animaux adaptés à un climat froid. Il nous a permis de signaler, pour la première fois, l'existence, dans le centre de la France, à l'époque quaternaire, de trois espèces arctiques : le Lièvre des neiges, le Campagnol du nord et le Renard arctique.

» Un autre fait intéressant est la proportion vraiment extraordinaire d'ossements se rapportant à de très jeunes individus, à tel point que plusieurs espèces, notamment parmi les Carnassiers, ne sont représentées que par des nourrissons. Nous avons en effet les restes d'un Lionceau, d'un Louveteau, d'une dizaine de Renardeaux et d'un grand nombre de petites Hyènes, dont l'âge pouvait varier de quelques semaines à quatre à cinq mois. C'est ainsi que, la longueur moyenne d'un humérus d'Hyène tachetée étant d'environ 210^{mm}, nos humérus fossiles varient de 125^{mm} à 45^{mm}.

» Ces faits s'expliquent facilement si l'on considère, d'un côté, la nature du gisement où ces ossements ont été recueillis et, d'un autre côté, le régime climatérique du pays pendant les périodes froides de l'époque quaternaire.

» L'ossuaire est dans une fissure traversant un plateau entouré de trois côtés par des vallées profondes et nous savons que, primitivement, la terre à ossements qui remplissait cette fissure se trouvait environ à 2^m audessous de la surface du sol. Il devait se produire, dans la Charente, ce qui se produit aujourd'hui dans les régions boréales, où de nombreux animaux trouvent la mort au fond des crevasses de glace ou dans des fentes de rochers dissimulées par de la neige fraîche ou une mince couverture de terre apportée par les vents. Cette fissure était donc un véritable piège naturel où l'on comprend que les jeunes animaux étaient plus que les vieux exposés à tomber. »

HYDROLOGIE SOUTERRAINE. — *Nouvelles recherches au Puits de Padirac (Lot)*. Note de MM. **Armand Viré** et **Étienne Giraud**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Nous venons de faire dans la caverne de Padirac, avec l'aide de MM. l'abbé Albe, Louis Armand, Raymond Pons et Louis Bel, une nouvelle exploration qui vient compléter ce que l'on connaît de sa rivière souterraine. Cette rivière, après 2000^m de parcours, se terminait, d'après les premiers explorateurs, par un siphon rocheux sans qu'aucun trou, aucune fissure pénétrable permît d'aller plus loin.

» Nous élevant sur la pente de stalagmite qui termine la galerie, nous constatons qu'entre le sommet de cette pente et la voûte existait un vide parfaitement pénétrable.

» Il n'y a là qu'un bouchon de stalagmite peu épais (1^m au sommet, 10^m à la base)

produit par le suintement de fissures qui recoupent la voûte en ce point. La rivière passe sous ce bouchon.

» Au delà, la galerie se continue à l'ouest-nord-ouest, haute d'environ 15^m. L'argile tapisse en grande partie les parois, faisant place, par endroits, à d'admirables rideaux de stalactites. L'eau est profonde et parfois encombrée de rochers.

» A 130^m environ au delà du siphon, la galerie se bifurque. A gauche un gros éboulis glissant; à droite un passage rétréci par deux grosses colonnes de stalagmite qui nous barrèrent la voie, mais qu'il sera facile de franchir avec une échelle.

» Les pluies des jours suivants arrêtèrent là notre expédition.

» *Affluent.* — Un affluent de la rivière a été rencontré à 1^{km} de l'entrée, fissure large de $0^m,40$ à 4^m, haute de 15^m, longue de près de 400^m et qui amène vraisemblablement les eaux d'une source perdue près du hameau de Fialy.

» *Galeries supérieures.* — Des galeries superposées à celles de la rivière ont été rencontrées près de la fin du deuxième kilomètre; elles montrent nettement par leur étagement les diverses étapes du creusement de Padirac, et rapprochent cette grotte, sous ce rapport, de certaines grottes à cours d'eau précédemment explorées dans les Pyrénées (Bétharram, Labastide, etc.).

» *Avens.* — Deux avens de 17^m et 40^m de profondeur ont été explorés : le dernier, ancienne bouche d'absorption des eaux se trouvant au hameau de Bord, sur la grande faille de 12^{km} qui met en contact les argiles du Lias et les calcaires bajociens.

» *Alluvions anciennes.* — Enfin il existe tout le long de la rivière des encorbellements rocheux qui supportent, à des niveaux variables, des lambeaux d'alluvions anciennes, dont l'étude est en cours, et qui nous donneront sans doute des renseignements précis sur l'âge du creusement de cette belle caverne.

» *Régime des eaux.* — En temps ordinaire, la rivière souterraine se compose d'une série de bassins délimités par des *gours* ou barrages de stalagmite qui maintiennent un niveau à peu près constant.

» En temps de très grandes eaux, il se produit une double dénivellation. En amont du *grand puits* par lequel on aborde la caverne, un premier bassin, origine de la rivière, ne communique avec la partie aval que par des fissures étroites ne permettant qu'un débit limité. L'eau s'accumule et nous l'avons vue monter à deux reprises, après des pluies très grandes et prolongées, de 16^m au-dessus de son étiage (juin 1898, avril 1899).

» En aval, dans la partie aménagée pour les touristes, la dénivellation des gours ne permet jamais qu'une variation de niveau de 20^{cm} à 25^{cm}.

» Enfin, au deuxième kilomètre, le bouchon de stalagmite, qui avait arrêté les premiers explorateurs, ne laisse qu'une faible issue à l'eau, qui s'accumule en avant, et que nous avons vue monter d'environ 4^m en deux jours.

» Il y a donc, en temps de grandes eaux, trois grands biefs hori-

zontaux : l'un en amont du grand puits, l'autre en amont du bouchon de stalactite, l'autre en aval et séparés les uns des autres par une hauteur de 15^m à 20^m pour les premiers, de 5^m environ pour les seconds. »

AÉROSTATION. — *Sur l'ascension du* Balaschoff *exécutée le* 24 *mars* 1899. Note de M. G. **Le Cadet**, présentée par M. Bouquet de la Grye.

« L'ascension du *Balaschoff*, de la Commission d'aérostation scientifique, a eu lieu le 24 mars dernier, sur le signal donné par M. Teisserenc de Bort pour le lancer international des ballons-sondes.

» M. Besançon conduisait l'ascension. J'étais chargé des observations météorologiques.

» Le ballon, gonflé de 1650^{mc} de gaz d'éclairage, comportait l'appareil photographique et l'appareil à prise d'air de M. Cailletet, ainsi que le triple enregistreur (baromètre, thermomètre, hygromètre) disposé à l'intérieur du panier-parasoleil suspendu lui-même à 3^m environ du ballon et de la nacelle.

» J'avais installé les autres instruments de la façon suivante : le psychromètre Assmann était porté à $1^m,50$ au dehors de la nacelle par une potence verticale démontable en bois léger que l'on pouvait faire tourner aisément pour mouiller le thermomètre humide et remonter le ventilateur. Une lunette, fixée à la console par deux pièces mobiles à angle droit, permettait de suivre et de lire avec précision les colonnes des thermomètres, à la distance de $1^m,50$, dans une orientation quelconque de la potence. Le baromètre à mercure était suspendu au cercle par un système de cordages. Le baromètre anéroïde et le chronomètre étaient fixés à proximité du baromètre à mercure et du viseur du psychromètre.

» Le départ s'est effectué à 8^h7^m (temps moyen de Paris) de l'usine à gaz de la Villette, par ciel sans nuage, atmosphère inférieure brumeuse et légère brise d'ouest-nord-ouest (thermomètre, $-1°,4$; hygromètre, 85; baromètre, 755).

» L'ascension a été à peu près uniforme jusqu'au minimum de pression : 447^{mm} à 10^h46^m.

» Les observations ont été faites pendant cette période et jusqu'à 10^h54^m; mais elles n'ont pu être poursuivies pendant la descente, qui s'est opérée rapidement, au travers d'un cumulus-nimbus neigeux, entre 3000^m et 1200^m (les nuages avaient commencé à se former au-dessous du ballon vers 9^h20^m). La chute du ballon était telle que le lest tombait en pluie dans la nacelle tandis que le grésil remontait autour de nous. Les instruments ont dû être précipitamment démontés et disposés dans la nacelle pour parer à l'atterrissage, qui a eu lieu à 11^h15^m sur le territoire de la commune d'Arville (Seine-et-Marne), à 80^{km} au sud-8°-sud-est de la Villette.

» Le grain, dont nous avions traversé le nuage, ne tarda pas à sévir en rafales de nord-nord-ouest, avec une température de $+1°,7$, près du sol.

» J'ai fait : 31 lectures du thermomètre sec; autant du thermomètre humide; 13 lec-

tures du baromètre à mercure, dans les cas d'équilibre apparent, et 47 lectures du baromètre anéroïde, avec les lectures correspondantes du chronomètre.

» La réduction des observations directes et le dépouillement des courbes conduisent aux résultats suivants (¹) :

» *Pression.* — Le baromètre à mercure et les deux baromètres anéroïdes n'ont présenté que des divergences accidentelles qui atteignent rarement 4^{mm}. Le minimum a été lu au baromètre à mercure (447,5) à $10^h 46^m$, à l'instant du minimum de l'enregistreur (447).

» Les hauteurs, calculées, en tenant compte des températures observées, au moyen des Tables de M. Angot (*Annales du Bureau Central météorologique*, 1896), assignent à l'ascension une allure assez régulière, avec un maximum de 4014^m (²).

» *Température.* — La courbe de variation suivant la verticale, obtenue avec les observations directes et les hauteurs correspondantes calculées, est une ligne à très peu près droite, qui indique un gradient constant de 0,008; soit un décroissement extraordinairement rapide de température de 1° par 125^m depuis le sol jusqu'à 4000^m.

» Les observations directes placent le minimum — 31°,6 au minimum de pression à $10^h 46^m$. L'enregistreur, qui était exact sur le sol avant le départ, marquait alors — 26°,0; il a indiqué constamment, pendant l'ascension, une température trop élevée, et le minimum (— 28°,6) n'a été atteint que six minutes après le minimum observé. A partir de là et pendant la chute rapide du ballon, la température de l'enregistreur est restée inférieure (du moins dans les premiers moments) à la température observée. A $10^h 53^m 45^s$, je lis — 24°,8; l'enregistreur marque — 28°,1.

» L'écart entre la température enregistrée et la température observée est déjà de + 1°,5 à l'altitude de 500^m, neuf minutes après le départ, et pour un abaissement de température de 3°,0 seulement. Pendant cette phase de l'ascension, le gaz relativement chaud (le ballon plein était resté exposé au soleil pendant plus d'une heure) sort abondamment par l'appendice et se répand jusque autour de la nacelle.

» En tenant ainsi compte des diverses circonstances de l'ascension, relativement aux variations de l'écart, il semble que le retard d'équilibre de l'enregistreur, dû en partie à la capacité de l'organe thermométrique et de la masse métallique de la boîte et du grillage qui l'entourent, doive être aussi attribué à un éloignement insuffisant de l'instrument, c'est-à-dire, en définitive, à une ventilation insuffisante de l'appareil plongé dans l'atmosphère relativement chaude du ballon.

» *Humidité.* — Les données du thermomètre humide ne peuvent être prises en considération. A partir de — 20°, sa température est restée constamment supérieure à celle du thermomètre sec, malgré une ventilation très active, entretenue par trois et quatre remontages du ventilateur, pendant quinze à vingt minutes, sans remouiller la mousseline.

(¹) Les instruments avaient été étalonnés au Bureau Central météorologique par M. Dufour.

(²) Vers cette altitude, nous avons eu, M. Besançon et moi, des sensations intermittentes de vertige.

» D'après l'hygromètre enregisteur, l'humidité relative n'est pas descendue au-dessous de 49 centièmes dans la zone supérieure autour de 4000^m. Le ciel, sans nuage au-dessus du ballon, était d'ailleurs d'un bleu beaucoup plus clair qu'il n'est normalement à cette altitude.

» Il se produisait vraisemblablement une évaporation active à la surface supérieure de la couche nuageuse d'aspect mamelonné rapidement variable.

» *Vent.* — La direction générale a été N 8° NW; elle résulte des courants de WNW à N$\frac{1}{4}$NE qui ont successivement entraîné le ballon dans son ascension depuis le sol jusqu'à 1500^m, altitude au-dessus de laquelle le courant s'est sensiblement maintenu de N ou N$\frac{1}{4}$NE. Quant à l'intensité, elle était sensiblement plus forte sur le sol (à la descente) et à 1000^m et 2000^m pendant l'ascension, qu'à 3000^m ou 4000^m. Des banderoles de papier, jetées de la nacelle, descendaient en se dirigeant vers l'est et en avant du ballon.

» Outre ces résultats relatifs à la situation particulière de l'atmosphère dans la matinée du 24 mars, cette expérience a donné lieu à un certain nombre de remarques, de nature à améliorer les conditions d'exécution des ascensions qui devraient être ultérieurement entreprises dans le même but. »

M. L. Bloch adresse une réclamation de priorité, au sujet d'une lunette télémétrique présentée à l'Académie par M. le colonel Humbert.

M. Foveau de Courmelles adresse une Note relative à la « Production électrolytique d'un nouvel alliage de platine ».

M. G. Quesneville adresse une Note relative à l'existence de deux phénomènes de diffraction, du même ordre de grandeur, dans les réseaux.

M. Basile de Balassuy adresse une Note relative à l'étincelle donnée par la bobine de Ruhmkorff.

M. Delemay adresse une Note relative à la théorie du siphon.

La séance est levée à 4 heures et demie.

J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 8 mai 1899.

Unités électriques absolues, Leçons professées à la Sorbonne, 1884-1885, par G. Lippmann, Membre de l'Institut, rédigées par A. Berget. Paris, George Carré et C. Naud, 1899; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lippmann.)

Mandchourie et ses chemins de fer en 1899. Carte gr. in-f°. (Offerte par M. Vénukof. Présentée par M. de Lapparent.)

Étude comparée des glandes pygidiennes chez les Carabides et les Dytiscides, avec quelques remarques sur le classement des Carabides, par Fr. Dierckx, S. J. (Extrait de la Revue *La Cellule,* t. XVI, 1er fasc.) Lierre-Louvain, 1899; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Edmond Perrier. Hommage de l'Auteur.)

Les glandes défensives ou glandes anales des Coléoptères, par M. L. Bordas. Marseille, Barlatier, 1899; 1 fasc. in-4°. (Extrait des *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille,* Tome IX, fasc. 5.) (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Conchyologie française. Les Coquilles marines au large des côtes de France; Faune pélagique et Faune abyssale, par Arnould Locard. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1899; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Milne-Edwards.)

Les Serpents du nord de l'Afrique, par Ernest Olivier. (Extrait du *Manuel pratique de l'agriculteur algérien,* de MM. Rivière et Lecq.) Paris, A. Challamel, 1899; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Chirurgie opératoire de l'oreille moyenne, par A. Broca. (Renvoyé au prix de Médecine et Chirurgie, fondation Montyon.)

Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, publiées par les Professeurs. 2e série, Tome X. Paris, Gauthier-Villars, 1898; 1 vol. in-8°.

The mechanics of a cyclone, by a mechanic., George-W. Tinsley. Columbus, Indiana, U. S. A., s. d.; 1 fasc. in-18.

Electricity, the universal force, by Henry-Raymond Rogers. Buffalo, N. Y., 1898; 1 opuscule in-16. (Hommage de l'Auteur.)

The Universe, or the secrets of the Sun and stars, by Henry-Raymond Rogers. Buffalo, N. Y., 1898; 1 opuscule in-16. (Hommage de l'Auteur.)

Metius, the Hollander, inventor and discoverer, by Henry-Raymond Rogers. Buffalo, N. Y., 1899; 1 opuscule in-16. (Hommage de l'Auteur.)

Atti della R. Accademia Peloritana. Anno XIII, 1898-1899. Messina, 1899; 1 vol. in-8°.

Archives italiennes de Biologie. T. XXXI, fasc. 1. Turin, Herman Loescher, 1899; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou. Année 1898, n° 1. Moscou, J.-N. Kouchnereff et Cie, 1898; 1 vol. in-8°.

Bulletins du Comité géologique. Saint-Pétersbourg, t. XVII, nos 4-5, 1898; 1 fasc. in-8°.

Observations faites à l'observatoire météorologique de l'Université impériale de Moscou. Janvier 1896 à novembre 1898; 24 fasc. in-8°.

Allgemeine geologische Karte von Russland. Blatt. 127, von A. Stuckenberg. Saint-Pétersbourg, Eggers et Cie, 1898; 1 fasc. petit in-f°. (Mémoires du Comité géologique, vol. XVI, n° 1.)

Observatoire magnétique et météorologique de Zi-Ka-Wei (Chine) : Bulletin mensuel. Année 1896, 1er trimestre. Chang-Haï, imp. de la Mission catholique; 1899.

ERRATA.

(Séance du 1er mai 1899.)

Note de M. *Armand Gautier*, L'iode dans l'eau de mer :

Page 1071, ligne 3 de la note (1) au bas de la page, *au lieu de* t. XL, *lisez* t. L.